

Экспертно-аналитический отчет

ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКИХ ИННОВАЦИЙ НА РЫНКЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТОТЕХНИКИ



Москва
2014

Потенциал российских инноваций на рынке систем автоматизации и робототехники

Отчет подготовлен ООО «Ларза» по заказу ОАО «РВК»

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА:

Петреченко Василий Александрович, канд. экон. наук, генеральный директор ООО «Ларза»

РУКОВОДИТЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Сараев Виталий Валерьевич, канд. экон. наук, главный аналитик Института менеджмента инноваций НИУ ВШЭ

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ:

Охапкин Иван Михайлович, канд. хим. наук, выпускающий редактор, журнал "NewScientist"
Токарская Анастасия Олеговна, консультант, ЗАО «Научный парк МГУ»
Абдурахимова Эльвина Ниязовна, консультант, ЗАО «Научный парк МГУ»
Бадикова Любовь Григорьевна, ассистент кафедры «Организация производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана
Боярская Маргарита Евгеньевна, консультант, ЗАО «Научный парк МГУ»
Имамудинов Ирик Нутфуллович, специальный корреспондент журнала «Эксперт»
Лотфуллина Алина Рашитовна, консультант, ЗАО «Научный парк МГУ»
Малинин Виктор Леонидович, канд. экон. наук, руководитель проектного бизнес-инкубатора МГТУ им. Н.Э. Баумана
Морозов Виталий Валерьевич, руководитель Центра молодежного инновационного творчества, ЗАО «Научный парк МГУ»
Оганесян Тигран Камович, старший научный сотрудник Института менеджмента инноваций НИУ ВШЭ
Панин Олег Михайлович, генеральный директор, консалтинговая компания Center LLC
Розмирович Станислав Дмитриевич, директор Центра исследований сферы инноваций Института менеджмента инноваций НИУ ВШЭ
Степанов Александр Константинович, заведующий сектором регионального инновационного развития Института менеджмента инноваций НИУ ВШЭ
Суворов Дмитрий Андреевич, директор по ИТ, ООО «Викрон»
Фоменко Алексей Юрьевич, канд. техн. наук, генеральный директор ООО «Изобреталь»
Ярыгина Анастасия Борисовна, ассистент-менеджер маркетингового отдела Hyundai Motor Company
Чэнь Яньянь, помощник генерального директора отдела обслуживания компании Coway
Лю Чжэньпин, доктор философии, исполнительный вице-президент компании Coway

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Балк Игорь Вениаминович, управляющий, Global Innovation Labs LLC
Козлов Николай Владимирович, канд. техн. наук, заместитель директора ЦРИИМП МГТУ им. Н.Э. Баумана
Мовсесян Олег Владимирович, генеральный директор ЗАО «Научный парк МГУ»

Исследование потенциала отечественной робототехники анализирует перспективы ее развития с учетом тенденций мирового рынка и опыта других стран. В основу исследования лег анализ нескольких сотен материалов и интервью с ключевыми российскими экспертами. В данном отчете рассмотрены состояние и тенденции мирового рынка, возможное влияние на него перспективных технологий, факторы развития рынка робототехники, зарубежный опыт государственной поддержки отрасли, ее положение в России и возможные сценарии развития.

КОНТАКТЫ:

ООО «Ларза», 119992, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1, стр. 77. Тел.: +7 (495) 930 80 59

ЭКСПЕРТЫ, МНЕНИЯ И ОЦЕНКИ КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗОВАЛИСЬ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТА:

Батанов Александр Федорович, начальник специального конструкторско-технологического бюро прикладной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана
Березий Екатерина Сергеевна, основатель и генеральный директор ООО «ЭкзоАтлет»
Болотник Николай Николаевич, заведующий лабораторией Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (ИПМех РАН)
Бычковский Антон Сергеевич, генеральный директор ООО «Интеллектуальные Робот Системы»
Веретенников Александр Владимирович, начальник бюро перспективных проектов ФГУП ЭЗАН
Голь Станислав Артурович, руководитель «КБ Аврора»
Досаев Марат Закирджанович, заместитель директора НИИ механики МГУ
Евдокимов Андрей Сергеевич, генеральный директор нанотехнологического центра «Т-Нано»
Ефимов Альберт Рувимович, руководитель робототехнического центра «Сколково»
Жуков Роман Алексеевич, генеральный директор ООО «Викрон»
Закиев Василь Азатович, основатель технопарка Navigator Campus
Кайнов Дмитрий Владимирович, руководитель учебного центра «Дискретная автоматизация и движение» АВВ в России
Колюбин Сергей Алексеевич, генеральный директор ООО «Икстурион»
Комиссарова Валерия Анатольевна, директор по развитию бизнеса Grishin Robotics
Конышев Владимир Анатольевич, генеральный директор ООО «Нейроботикс»
Корнилов Алексей Вадимович, научный руководитель программы робототехники фонда «Вольное дело»
Кудряшов Владимир Борисович, начальник отдела НИИ специального машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана
Кутеев Николай Юрьевич, генеральный директор ФБУ «Российское технологическое агентство», советник министра промышленности и торговли Российской Федерации
Левенчук Анатолий Игоревич, генеральный директор «Техинвестлаб»
Мальцев Сергей Владимирович, генеральный директор и основатель ООО «РобоСиВи»
Меньшикова Светлана Петровна, руководитель департамента образовательных и международных программ НПО «Андроидная техника»
Нагоев Залимхан Вячеславович, заведующий отделом «Мультиагентные системы» Института информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра РАН
Орлова Любовь Викторовна, директор по развитию бизнеса Hyberbok («Гиперколобок»)
Паршков Дмитрий, основатель DP Technologies
Подураев Юрий Викторович, заведующий кафедрой робототехники и мехатроники МГТУ «Станкин»
Салмина Мария Алексеевна, заместитель директора Московского центра инноваций и научно-технического творчества
Серебрянный Владимир Валерьевич, первый заместитель генерального директора ОАО «РТ-Станкоинструмент»
Сметанин Евгений Николаевич, генеральный директор ООО «Тойтемик Инвеншенс»
Соколов Михаил Эдуардович, советник ректора Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
Токарев Александр Юрьевич, заместитель исполнительного директора Красноярского регионального инновационно-технологического бизнес-инкубатора
Усатов-Ширяев Роман Станиславович, генеральный директор ООО «Компьютерная робототехника»
Успенский Дмитрий Александрович, специалист-эксперт Фонда перспективных исследований
Филимонов Николай Борисович, главный редактор журнала «Мехатроника, автоматизация, управление»
Харузин Михаил Александрович, управляющий по инвестициям Фонда посевных инвестиций РВК, председатель правления фонда «Гражданские технологии ОПК»
Шептунов Сергей Александрович, директор ФГБУН Институт конструкторско-технологической информатики РАН
Яшкин Александр Юрьевич, директор по продажам и развитию рынков в России и СНГ представительства корпорации FANUC в России (FANUC Robotics Russia)

Оглавление



Введение	4
Глава 1. Мировой рынок и тренды развития робототехники	6
1.1. Обзор мирового рынка	6
1.1.1. Промышленная робототехника	7
1.1.2. Сервисная робототехника	11
1.1.3. Выводы	14
1.2. Перспективы развития технологий в области робототехники	15
1.2.1. Технологические ограничения отрасли	15
1.2.2. Машинное зрение	17
1.2.3. Понимание естественного языка	19
1.2.4. Сенсорные сети	19
1.2.5. Биомеханические системы	20
1.2.6. Медицинские роботы	22
1.2.7. Навигационные системы	24
1.2.8. Источники питания автономных роботов	26
1.2.9. Микророботы	27
1.2.10. Выводы	27
Глава 2. Факторы развития рынка робототехники	29
2.1. Инвестиционная привлекательность отрасли	29
2.2. Источники технологических инноваций	30
2.2.1. Барьеры новых проектов	30
2.2.2. Роль крупных компаний в разработке технологий	31
2.2.3. Становление малых и средних компаний	32
2.3. Объекты инновационной инфраструктуры	32
2.3.1. Бизнес-инкубаторы	33
2.3.2. Бизнес-акселераторы	34
2.3.3. Лаборатории инновационного творчества	36
2.3.4. Конкурсы инновационных проектов	37
2.4. Венчурные инвестиции	39
2.4.1. Рынок инвестиций в робототехнику	40
2.4.2. Примеры инвесторов	41
2.4.3. Выходы инвесторов	43
2.5. Бизнес-модели производителей роботов	45
2.6. Выводы	48
Приложение 1. Привлечение финансирования робототехническими компаниями, 2011–2014 годы	49
Приложение 2. Поглощения на рынке робототехники, 2011–2014 годы	52
Глава 3. Зарубежный опыт государственной поддержки робототехники	55
3.1. Поддержка развития робототехники в США	55
3.1.1. Военная робототехника	55
3.1.2. Гражданская робототехника	60
3.1.3. Выводы	66
3.2. Поддержка развития робототехники в Европе	71
3.2.1. Промышленная робототехника	71
3.2.2. Сервисная робототехника	71
3.2.3. Профессиональные сообщества	72
3.2.4. Стратегия развития робототехники в Европе	73
3.2.5. Государственная поддержка отрасли	75
3.2.6. Специализированные кластеры	76
3.2.7. Программа развития робототехники в Нидерландах	78
3.2.8. Выводы	80
3.3. Развитие робототехники в Китае	81
3.3.1. История развития робототехники в Китае	81
3.3.2. Современное состояние	82
3.3.3. Цели развития отрасли	83
3.3.4. Роль промышленных кластеров	84
3.3.5. Выводы	86
3.4. Развитие робототехники в Южной Корее	88
3.4.1. История становления отрасли	88
3.4.2. Современное состояние	88
3.4.3. Государственные программы поддержки	90
3.4.4. Перспективы развития	91
3.4.5. Выводы	92
Глава 4. Обзор российского рынка робототехники	93
4.1. История развития отечественной робототехники	93
4.1.1. Космические управляемые аппараты	93
4.1.2. Экстремальная робототехника	94
4.1.3. Промышленная робототехника	94
4.1.4. Военная робототехника	95
4.2. Современное состояние российского рынка	95
4.2.1. Промышленная робототехника	95
4.2.2. Специальная робототехника	96
4.2.3. Гражданская сервисная робототехника	96
4.3. Потенциал робототехники в России	96
4.3.1. Образование и кадры	96
4.3.2. Научные компетенции	97
4.4. Государственная поддержка робототехники в России	100
4.4.1. Робототехника военного назначения	100
4.4.2. Промышленная и сервисная робототехника	100
4.4.3. Меры по обеспечению подготовки кадров	102
4.4.4. Деятельность институтов развития	102
4.4.5. Поддержка проектов ранних стадий	102
4.4.6. Источники финансирования	103
4.5. Барьеры для развития робототехники в России	106
4.5.1. Промышленные роботы	106
4.5.2. Сервисные роботы	111
4.6. Выводы	113
Приложение 1. Направления исследований российских центров компетенций в области робототехники	114
Приложение 2. Нормативные акты, оказывающие влияние на рынок робототехники в Российской Федерации	116
Глава 5. Перспективы развития российской робототехники	118
5.1. Промышленная робототехника	118
5.2. Сервисная робототехника	119
5.2.1. Робототехника специального назначения	119
5.2.2. Профессиональная сервисная робототехника	119
5.2.3. Потребительская сервисная робототехника	120
5.3. Сценарии развития робототехники	121
5.3.1. Инерционный сценарий	121
5.3.2. Сценарий точечной поддержки	122
5.3.3. Сценарий системной поддержки	122
Использованные источники	124

Введение



Представления о роботах во многом сформированы фантастическими фильмами и книгами. Даже само слово «робот» имеет литературное происхождение. В качестве обозначения искусственных человекоподобных существ оно было введено Карелом Чапеком в написанной им еще в 1920 году научно-фантастической пьесе «Россумские универсальные роботы». Под влиянием художественных произведений даже теперь упоминание роботов у многих вызывает ассоциации с похожими на человека созданиями, способными выполнять домашнюю работу или спасать мир. Однако роботы — это не удел фантастики. Они давно окружают нас: стиральные машины, автоматы по продаже бутербродов, авиалайнеры. Мы удивляемся новым устройствам и называем их роботами, только когда они входят в нашу жизнь. Со временем они превращаются в привычные, обыденные вещи.

Да, не сбылись наивные ожидания 1960-х: мы все еще не живем среди умных андроидов. Но ИТ-волна постепенно проникает во всё новые сферы, автоматизируя наш быт и те виды деятельности, которые раньше были под силу только людям. Уже летают автономные коптеры, воюют дистанционно управляемые машины, специализированные роботы контролируют атомные реакторы и ремонтируют трубопроводы.

Робототехника сейчас переходит на новый виток динамичного роста. Совершенствование компонентной базы и программного обеспечения позволяют сделать ей качественный скачок, одновременно создать множество новых ниш. Главными факторами способствующими развитию робототехники в ближайшие годы, будут снижение стоимости комплектующих роботизированных устройств и совершенствование

коммерчески доступных ключевых технологий, таких как машинное зрение, распознавание речи, навигация. Они позволят сделать роботов еще дешевле и еще функциональнее.

Огромный потенциал имеет профессиональная сервисная робототехника: в течение последних 10 лет объем соответствующего глобального рынка рос со средней скоростью 30,5% в год, и новые ниши продолжают появляться одна за другой. Промышленная робототехника пережила свой первый бум несколько десятков лет назад и ныне достигла стадии зрелости; но новыми точками роста в ней могут стать способные работать бок о бок с человеком ко-боты и автоматизация производства уже в среднем и малом бизнесе. Число же возможных применений роботов в быту весьма ограничено не только фантазией разработчиков, но и экономической целесообразностью, тем не менее объем мирового рынка домохозяйств колоссален. Сможет ли робототехника совершить революцию в автоматизации человеческого быта — мы увидим в ближайшие 10–15 лет. Но уже очевидно, что в таких отраслях, как транспорт, военное дело, медицина, она произведет кардинальные изменения.

Несмотря на заметные успехи и впечатляющие перспективы, пока робототехника испытывает затруднения с привлечением инвестиций в силу длительного цикла и высокой стоимости разработок. Основными проблемами ее развития являются сложность прикладных научно-технических задач, междисциплинарность робототехники и незрелость необходимых базовых технологий. Поэтому ключевую роль в развитии робототехники в большинстве промышленно развитых стран мира играет государство. Именно благодаря продуманной промышленной политике, активному финансированию НИОКР и программам поддержки стартапов США и ряду стран Европы удалось добиться заметных результатов в данной отрасли.

Участие России в начинающемся буме пока явно не прослеживается. Если говорить про наш рынок гражданской робототехники, то его объем незначителен. При этом российские производители вынуждены конкурировать на внутреннем рынке с международными корпорациями. Ограниченность внутреннего спроса и сложности выхода на внешние рынки мешают отечественным компаниям воспользоваться эффектом масштаба. Малый опыт разработок, продвижения и продаж гражданской робототехники не позволяют конкурировать по качеству продукции и уровню сервисной поддержки. Высокие издержки организации производства: уровень налоговой нагрузки, стоимость ресурсов, комплектующих и заемного финансирования, а также низкая производительность труда снижают конкурентоспособность российской продукции по цене.

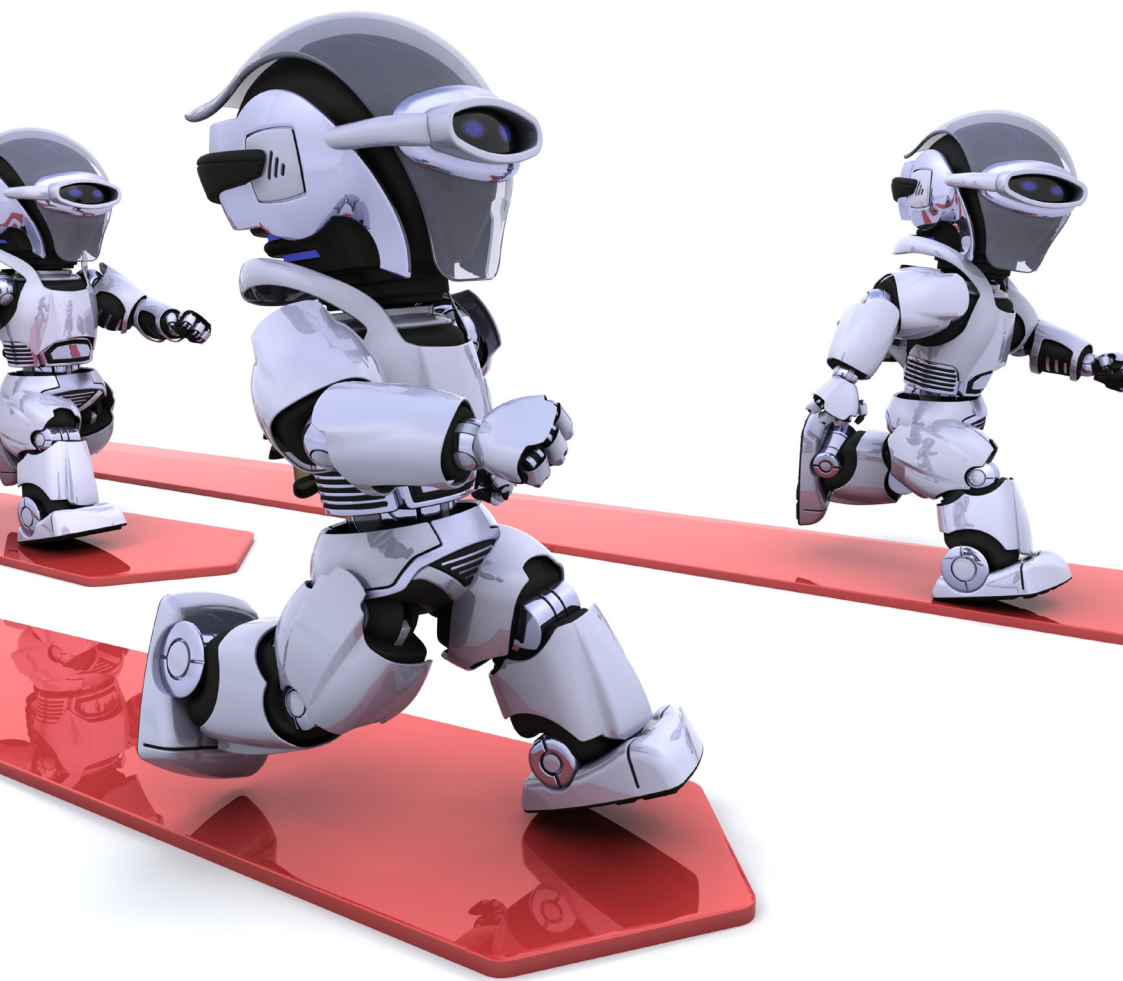
Для отечественной промышленной робототехники указанные барьеры, включая проблемы организации производства, на сегодняшний день являются фактически запретительными с экономической точки зрения. Российская сервисная робототехника существенно проигрывает в части промышленного дизайна и маркетинга. Она ограничена в возможностях организации конкурентоспособного производства на территории России и удалена от основных рынков.

Вместе с тем относительно конкурентоспособным направлением остается робототехника специального назначения, во многом использующая накопленный в советские годы потенциал. Но ее производители пока не проявляют заметной активности в коммерциализации своих разработок, опираясь на государственный заказ. В результате сильная зависимость от ключевых заказчиков и проблемы с ритмичностью финансирования являются сдерживающими факторами развития робототехники специального назначения.

Несмотря на объективные сложности с развитием робототехники в России и узость рынка внутри страны, эта отрасль заслуживает внимания и активной государственной поддержки. Уже в среднесрочной перспективе уровень развития робототехники будет оказывать существенное влияние на оборонный потенциал и производительность труда в основных отраслях-потребителях. Решение этих задач требует комплексного развития робототехники, включая подготовку соответствующих кадров, разработку сопутствующих технологий и производство комплектующих.

Таким образом, в России есть потенциально перспективные направления для развития собственных разработок. Прежде всего это сегменты с существенным внутренним спросом: военная и специальная робототехника, добыча полезных ископаемых, эксплуатация инфраструктуры, логистика и здравоохранение. При наличии системной поддержки со стороны государства Россия имеет возможность существенно повысить свою долю на глобальном рынке робототехнической продукции за счет успешных проектов в этих сегментах.

Глава 1. Мировой рынок и тренды развития робототехники



1.1. Обзор мирового рынка

У понятия «робот» нет однозначного определения. Это порождает в том числе несогласованность оценок рынка, в состав которого зачастую включаются различные сегменты. Так, согласно стандарту ISO 8373:2012 под роботом понимается «программируемый механизм, способный перемещаться с двумя и более степенями свободы, обладающий определенной степенью автономности и осуществляющий движение для выполнения определенных задач». Очевидно, что подобная формулировка не является достаточной для определения границ рынка. Например, современные самолеты обладают высокой степенью автономности и способны перемещаться в пространстве, однако их не принято включать в рынок робототехники. Чтобы избежать неоднозначности при обсуждении объекта исследования нами предложена классификация устройств, наиболее часто относимых к робототехнике.

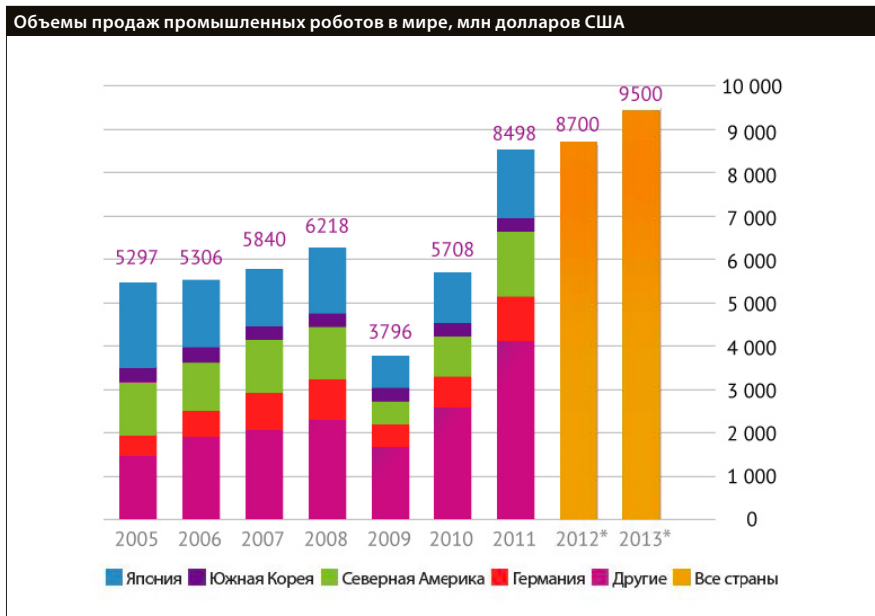
Объем мирового рынка робототехники (включая промышленную и сервисную сферы) оценивается в диапазоне от 14,5 до 29 млрд долларов США. Разница в оценках обусловлена различием в подходах к определению границ этого рынка. Так, согласно статистике Международной федерации робототехники (International Federation of Robotics, IFR), которая учитывает исключительно продажу роботизированных устройств, объем рынка в 2013 году составил 14,5 млрд долларов США. По данным

международной некоммерческой ассоциации euRobotics, текущий объем рынка роботов составляет 29 млрд долларов США, включая услуги по разработке программного обеспечения, инжинирингу и системной интеграции. В настоящем отчете (если не указано иное) мы будем опираться на статистику IFR как наиболее авторитетной отраслевой организации в мире, анализирующей этот рынок с 1991 года.

1.1.1. Промышленная робототехника

Рынок промышленных роботов является небольшой частью более общего рынка систем автоматизации и промышленной робототехники, совокупный объем которого в 2012 году, по оценкам исследовательской компании Transparency Market Research, составил 102 млрд долларов США. Согласно статистике IFR, продажи собственно промышленных роботов в 2012 году составили лишь 8,7 млрд долларов США, или 8,5% от объема всего рынка систем автоматизации.

Возникший более 50 лет назад рынок промышленных роботов является достаточно зрелым. Несмотря на это, он продолжает расти со средним темпом 8,4% в год в денежном выражении. Более быстрый рост наблюдается в странах, активно создающих или обновляющих промышленность. Подобно другим рынкам капитальных товаров, этот сегмент в значительной мере подвержен влиянию экономических циклов и активности промышленности: в кризисном 2009 году падение спроса на промышленную робототехнику составило почти 50%. Но уже в 2011–2013 годах рынок вышел на рекордные объемы продаж.



* Данные за 2012–2013 годы приведены по мировому рынку в целом.
 Источник: The Massachusetts robotics revolution: inspiring innovation, driving growth and competitiveness in leading industries: [электронный ресурс]. — URL: http://c.yimcdn.com/sites/www.masstlc.org/resource/resmgr/annual_reports/masstlc_robotics_final_web.pdf, www.ifr.org

Классификация

Промышленные роботы

Промышленные роботы — манипуляторы на неподвижной или мобильной базе, используемые для выполнения большого числа повторяющихся производственных операций с высокой степенью автономности.

Сервисные роботы

Персональные сервисные роботы (Business-to-Consumer, B2C):

- ♦ бытовые сервисные роботы и «умная» бытовая техника;
- ♦ роботы-уборщики (для пола, окон, крыш, бассейнов);
- ♦ домашние роботы телеприсутствия;
- ♦ персональные, развлекательные, социальные и реабилитационные роботы;
- ♦ обучающие роботы для детей;
- ♦ роботы-помощники для пожилых и инвалидов;
- ♦ «умные вещи», включая датчики и дистанционно управляемые устройства;
- ♦ роботизированная мебель и устройства для «умного дома»;
- ♦ экзоскелеты, роботизированные протезы конечностей;
- ♦ роботизированные транспортные средства.

Профессиональные сервисные роботы

Применяемые коммерческими и общественными организациями (Business-to-Business, B2B):

- ♦ роботы телеприсутствия для профессионального и офисного применения;
- ♦ выставочные, демонстрационные, развлекательные (промроботы, роботы — актеры и музыканты, гиды и экскурсоводы, роботизированные манекены);
- ♦ мобильные информационные киоски и другие роботы для общения с клиентами;
- ♦ логистические роботы (курьеры, автономные транспортеры и погрузчики);
- ♦ роботы для обеспечения безопасности и видеонаблюдения;
- ♦ беспилотные транспортные средства для выполнения коммерческих задач;
- ♦ роботы для обследования и диагностики инженерных систем;
- ♦ роботы для подводных работ и мониторинга;

Используемые государственным сектором (Business-to-Government, B2G):

- ♦ роботы специального назначения (роботы-разведчики, беспилотные летательные аппараты, саперы, пожарные, спасатели);
- ♦ роботы для муниципальных служб (обслуживающие, снегоуборочные, патрулирующие);
- ♦ медицинские роботы для реабилитации и ухода за больными, терминалы для телемедицины, обучающие «роботы-пациенты»;
- ♦ сельскохозяйственные роботы (доильные аппараты и пр.);
- ♦ роботы для работы в космосе (обслуживание спутников и исследование планет);
- ♦ обучающие роботы для детских садов, школ и специализированных учебных заведений;
- ♦ обучающие наборы-конструкторы для школ и кружков робототехники;
- ♦ открытые платформы для студенческих лабораторий.

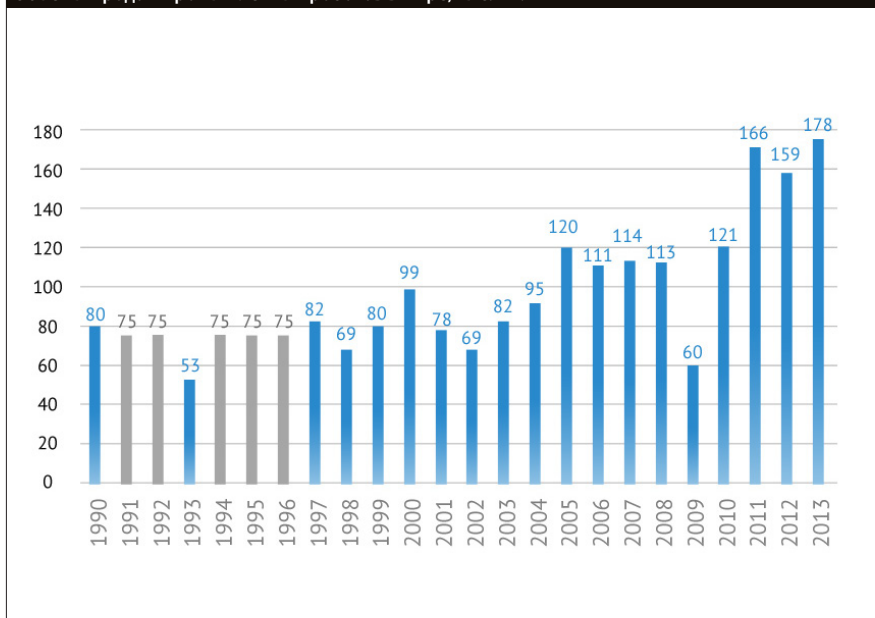
Объем и динамика рынка

В 2013 году продажи промышленных роботов выросли со 159 тыс. до 178 тыс. штук, достигнув рекордного количества за всю историю отрасли. По данным, приведенным в отчете «Промышленные роботы для мировой и китайской автомобильной промышленности» компании Research and Markets, в 2013 году объем рынка промышленных роботов составил 9,5 млрд долларов США. Средняя цена нового промышленного робота без услуг интеграции составила приблизительно 55 тыс. долларов США.

Приведенные показатели не включают стоимость программного обеспечения, периферийного оборудования и услуг системной интеграции, которые в совокупности составляют 2/3 от стоимости проекта для конечного заказчика. Поэтому совокупный объем рынка промышленной робототехники и сопутствующих услуг, по оценкам IFR, составил в 2013 году составит более 29 млрд долларов США.

Статистика IFR не учитывает поставки роботизированного оборудования для монтажа печатных плат. Согласно данным исследования «Тренды рынка робототехники в 2012 году» Министерства экономики, торговли и промышленности Японии (Ministry of Economy, Trade and Industry, METI), объем продаж этого оборудования для электронной индустрии в 2012 году составил 4,9 млрд долларов США. Таким образом, если включить в рассмотрение указанный сегмент, то оценка совокупного рынка промышленных роботов в 2013 году составит более 14,5 млрд долларов США.

Объемы продаж промышленных роботов в мире, тыс. шт.



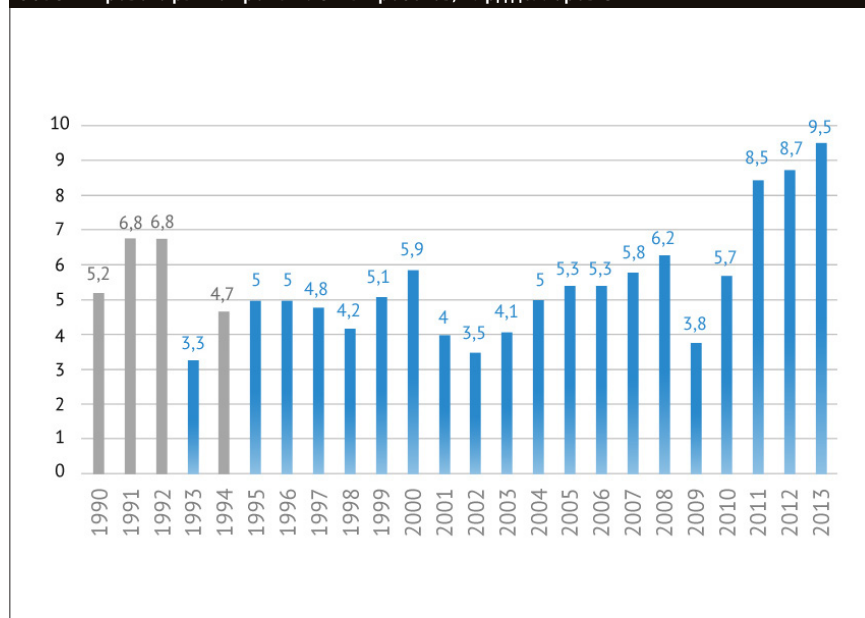
Примечание. По данным IFR и оценке авторов.

По статистике IFR, начиная с 1960-х годов было продано около 2,5 млн промышленных роботов. Средний срок службы таких устройств составляет от 12 до 15 лет. С учетом устаревания совокупный объем действующих промышленных роботов на начало 2013 года составлял от 1,235 до 1,5 млн штук.

В период с 1990 по 2003 год спрос на промышленные роботы оставался стабильным в диапазоне 70–80 тыс. штук в год, испытывая незначительные циклические колебания. С 2003 по 2013 год рынок промышленной робототехники демонстрировал, в среднем, рост как в натуральном (с темпом 7,6% в год), так и в стоимостном выражении (8,4% в год). При этом спрос на промышленные роботы подвержен сильным циклическим колебаниям. В 2009 году на фоне мирового финансового кризиса отрасль испытала падение продаж на 47%, что впервые привело к снижению оценок числа установленных промышленных роботов за счет их естественного выбытия. Причинами роста рынка в 2011–2013 годах стал отложенный спрос, а также восстановление промышленности после спада.

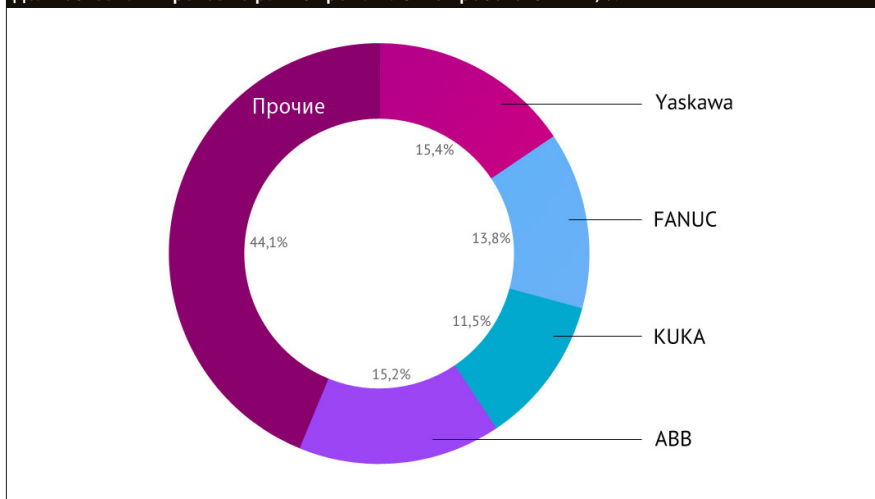
Эксперты весьма оптимистично оценивают дальнейшие перспективы развития рынка промышленной робототехники. Так, исследовательская компания Markets and Markets прогнозирует рост рынка промышленных роботов и сопутствующих услуг со средним темпом 5% с 2012 по 2017 год до 32,8 млрд долларов США в конце этого периода. Американская исследовательская компания Allied Market Research оценивает рост этого рынка с темпом 5,4% до 41,2 млрд долларов США в 2020 году. При использовании этих прогнозов важно помнить о выраженном про-

Объем мирового рынка промышленных роботов, млрд долларов США



Примечание. По данным IFR и оценке авторов.

Доли основных игроков на рынке промышленной робототехники, %



Примечание. Оценка авторов отчета на основании данных годовых отчетов компаний.

циклическом характере отрасли, что делает возможной лишь приблизительную оценку тренда, тогда как реальный уровень продаж может на десятки процентов отличаться от ожидаемого.

Ключевые участники рынка

Лидерами рынка промышленной робототехники являются международные корпорации:

- ♦ **ABB** — швейцарско-шведский промышленный холдинг, который приобрел несколько ключевых американских производителей роботов в конце 1980-х годов. Общая выручка компании за 2013 год превысила 41,8 млрд долларов США, из которых 9,9 млрд долларов США пришлось на направление дискретной автоматизации и транспортных систем, включая около 1,4 млрд долларов США от продажи промышленных роботов;
- ♦ **FANUC** — часть японского конгломерата Furukawa с выручкой в 2013 году 5,3 млрд долларов США, из которых 1,27 млрд долларов США приходится на продажу промышленных роботов. Компания традиционно сильна в производстве роботов для автомобильной промышленности;
- ♦ **KUKA** — немецкий производитель промышленных роботов и системный интегратор. Общая выручка компании в 2013 году составила 2,3 млрд долларов США, из которых на продажу роботов приходится 1,05 млрд долларов США. Занимает лидирующую позицию в сегменте роботов для автомобилестроения;
- ♦ **Yaskawa Electric** — японский производитель роботов и электродвигателей с выручкой 3,0 млрд долларов США в 2013 году, из которых 1,06 млрд приходится на робототехнику и еще 0,36 млрд — на услуги системной интеграции. Компания является лидером рынка промышленных роботов общего назначения.

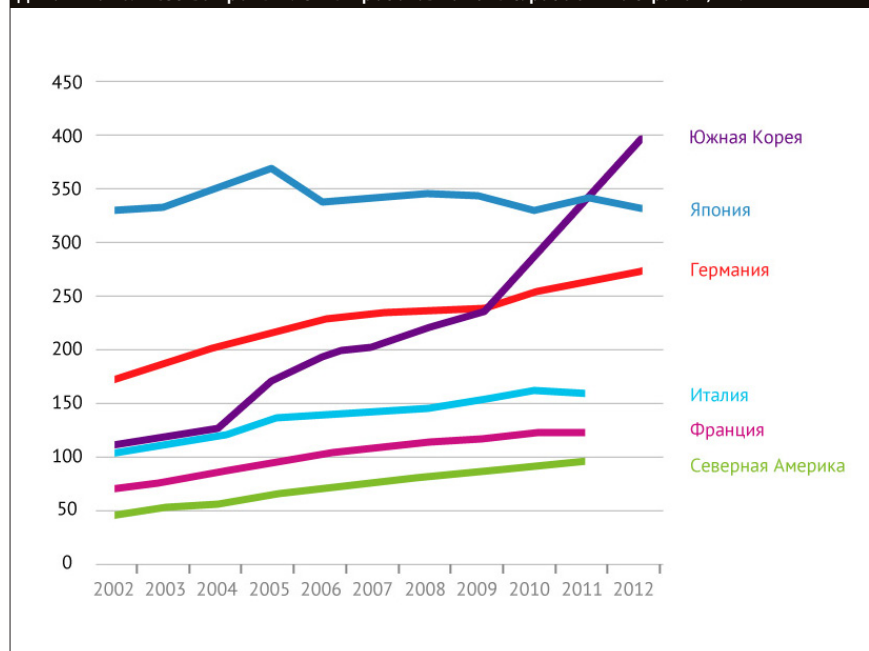
Указанные игроки являются признанными лидерами рынка и образуют так называемую большую четверку рынка робототехники. Кроме них на мировом рынке действует более 400 других производителей промышленных роботов. В частности, сильные позиции в отдельных сегментах занимают такие компании, как Comau, Reiss, Stäubli, Nachi-Fujikoshi, Thyssen, Kawasaki, Durr.

Региональная и отраслевая структура рынка

Спрос на промышленную робототехнику имеет весьма неравномерное географическое распределение. Ключевыми покупателями являются страны, в которых идет активный процесс создания новых или модернизации действующих промышленных предприятий. Наибольшим спросом роботы пользуются в Японии, Южной Корее, Китае, США, Германии.

В 2012 году лидерами по числу роботов на 10 тыс. сотрудников стали: Южная Корея (396), Япония (332) и Германия (273). Промышленность США не относится к лидерам по автоматизации производства, имея лишь 76 роботов на 10 тыс. производственных работников, что ненамного превышает среднемировой уровень (58). Китай в относительных показателях показывает существенное отставание от лидеров, имея только 11 роботов на 10 тыс. человек, занятых в промышленности. Тем не менее, учитывая масштаб экономики, Китай уже сегодня является крупнейшим покупателем промышленных роботов и сохраняет большой потенциал для развития.

Динамика количества промышленных роботов на 10 тыс. рабочих по странам, шт.



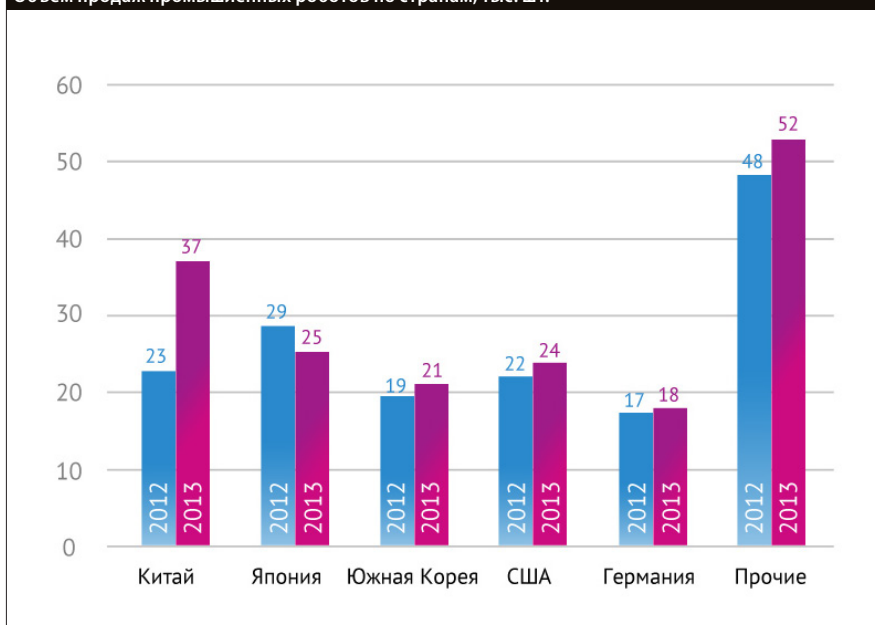
Источник: Trends in the Market for the Robot Industry in 2012: [электронный источник]. — URL: http://www.meti.go.jp/english/press/2013/pdf/0718_01.pdf

В 2012 году Япония еще оставалась лидером по числу закупленных новых промышленных роботов. Однако Китай проявил себя как наиболее быстро растущий рынок занимает второе место в 2013 году и значительно опередил остальные рынки по объему потребления: 37 тыс. промышленных роботов. Одним из факторов резкой смены лидеров стало включение в статистику IFR роботов, производимых в Китае для местного рынка.

Европа занимает второе место после Азии по объему закупок новых промышленных роботов. Из приобретенных в Европе в 2013 году 43,3 тыс. роботов на Германию приходилось 18,3 тыс., на Италию — 4,7 тыс., на Францию — 2,2 тыс., на Великобританию — 2,5 тыс., на Испанию — 2,8 тыс., на Чехию — 1,0 тыс. Среди развивающихся стран можно отметить Таиланд (3,2 тыс. роботов в год), Мексику (2,7 тыс.), Бразилию (1,4 тыс.), Турцию (1,1 тыс.) и Россию (0,4 тыс.).

Япония остается лидером в производстве промышленных роботов, заняв 52% рынка в 2013 году, тогда как немецкие компании удерживают второе место с долей в 21,7%. По мнению Альберта Ефимова, директора ИТ-проектов Фонда «Сколково», важной причиной лидерства Японии в сфере промышленных роботов является отсутствие спроса со стороны военных: «В Японии произошла удивительная история. Поскольку силы национальной обороны никогда не были заинтересованы в робототехнике, а отрасль бурно развивалась, японские ученые-робототехники полностью сфокусировались на промышленном секторе». Японские компании обслуживают внутренний рынок, а также доминируют на мировом рынке в таких областях, как производство электроники, конвейерная сборка, металлообработка,

Объем продаж промышленных роботов по странам, тыс. шт.



Источник: Trends in the Market for the Robot Industry in 2012. [электронный источник]. — URL: http://www.meti.go.jp/english/press/2013/pdf/0718_01.pdf

производство пластмасс и пищевых продуктов. Европейские производители преобладают в автомобилестроении, занимая большую часть китайского, американского и европейского рынков. Кроме того, они лидируют в сфере создания роботов для высокотехнологических производств, штамповки, покраски и герметизации.

Основными сферами применения промышленных роботов по-прежнему остаются автомобилестроение и производство автомобильных комплектующих. Важными направлениями с точки зрения потенциала роста продаж являются металлургия и машиностроение, а также пищевая промышленность, фармацевтика и электроника.

Объем продаж промышленных роботов по отраслям, шт.

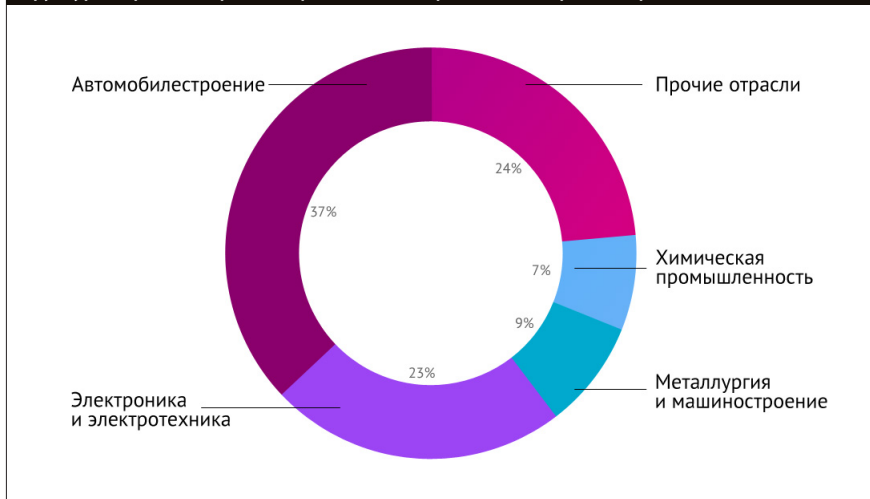
Отрасль	Продажи
Автомобилестроение	59 705
Электроника и электротехника	37 751
Металлургия и машиностроение	14 125
Химическая промышленность	11 825
Производство стекла и керамики	828
Образование и НИОКР	699
Бумажная промышленность	484
Продукты питания	465
Деревообработка	297
Строительство	256
Легкая промышленность	213
Сельское хозяйство	133
Жилищно-коммунальное хозяйство	40
Добыча полезных ископаемых	20
Прочие отрасли	35 002
Общее мировое потребление	166 028

Ключевые факторы роста

Повышение спроса на промышленную робототехнику обусловлено следующими факторами:

- ♦ **рост стоимости труда.** Согласно данным Бюро статистики труда США, заработная плата в городских районах в Китае с 2002 по 2009 год выросла с 0,95 до 2,85 доллара США в час. Рост стоимости труда вынуждает предприятия

Структура мирового спроса на промышленных роботов по отраслям применения



Источник: Trends in the Market for the Robot Industry in 2012: [электронный источник]. — URL: http://www.meti.go.jp/english/press/2013/pdf/0718_01.pdf

автоматизировать производственные операции, замещая сотрудников роботизированными манипуляторами;

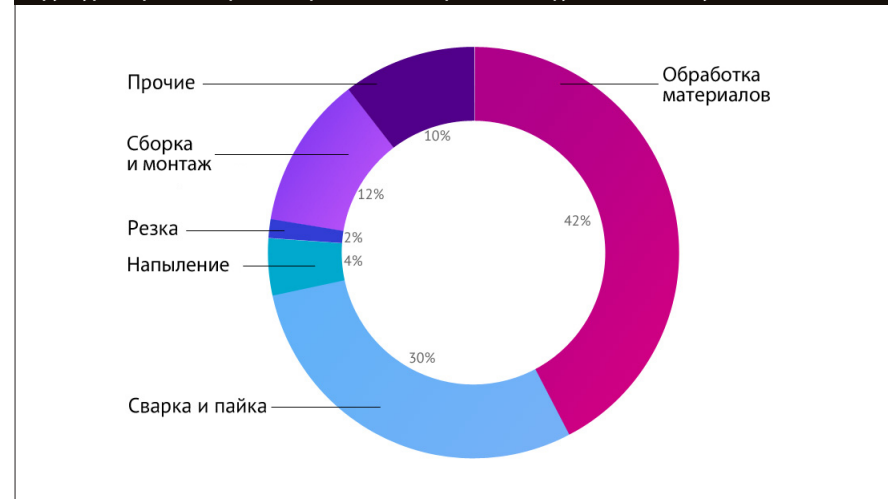
- ♦ **увеличение числа высокоточных производств.** Применение роботов позволяет добиваться стабильно высокого качества выполнения операций. По словам Александра Яшкина, директора по продажам и развитию рынков в России и СНГ представительства корпорации FANUC в России, именно «стремление к выпуску конкурентоспособной продукции, соответствующей строгим стандартам качества, делает Китай основным потребителем промышленных роботов». Растет и число предприятий, прежде всего в сфере электроники и фармацевтики, на которых производственный процесс невозможен без использования робототехники;
- ♦ **политика реиндустриализации развитых стран.** Реализуемая правительствами развитых стран политика реиндустриализации в условиях высокого уровня оплаты труда требует высокой степени автоматизации создаваемых производств.

По мнению председателя Комитета производителей промышленных роботов IFR Андреаса Бауэра, прогнозируемый в 2014–2016 годах рост в сегменте промышленных роботов со средним темпом 6% в год будет основан на огромном потенциале дальнейшего проникновения робототехники в такие отрасли, как электроника и пищевая промышленность, при сохранении тренда на индустриализацию развивающихся стран.

1.1.2. Сервисная робототехника

Рынок сервисных роботов возник в начале 1990-х годов. От рынка промышленной робототехники его отличает более низкий уровень консолидации, причиной чему

Структура мирового спроса на промышленных роботов по функциональному использованию



Источник: <http://www.statisticbrain.com/industrial-robot-statistics/>

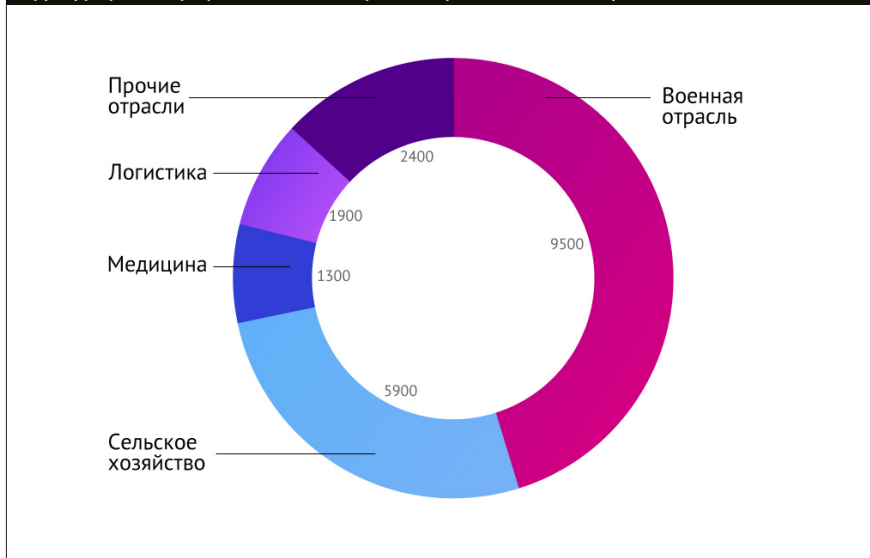
служит наличие большого числа сегментов, каждый из которых требует специфических компетенций. Технологический прогресс в сервисной робототехнике во многом обеспечивается за счет военных разработок, находящих гражданское применение. Цикл разработки отличается большей длительностью, чем в других направлениях ИТ. В 2000-х годах рынок робототехники испытал стремительный рост, который базировался на технологиях, созданных в 1990-х годах. Отмечаемое в настоящее время увеличение объемов исследований и разработок в этой области позволяет надеяться на сохранение положительной динамики до 2025 года.

Объем мирового рынка

Объем мирового рынка сервисных роботов превышает 5,3 млрд долларов США. Эта консервативная оценка соответствует официальным данным Мировой федерации робототехники (IFR) за 2013 год. В своих расчетах IFR опирается в основном на открытые источники, поэтому есть вероятность, что некоторые ниши, например военная робототехника, остались недооцененными. Согласно другому исследованию, выполненному компанией Markets and Markets, объем рынка сервисной робототехники в 2011 году составил 17,6 млрд долларов США.

Различия в оценках объясняются тем, что IFR не включает в статистику расходы на исследования, программное обеспечение, внедрение и системную интеграцию роботизированных устройств. Кроме того, в статистике отсутствуют военные расходы, которые составляют значительную часть этого рынка. Согласно исследованию компании Global Industry Analysts, объем сегмента военных роботов в 2012 году составил 5,6 млрд долларов США. При этом эксперты прогнозируют рост этого сегмента до 8,5 млрд долларов США к 2018 году. Абсолютное лидерство в этой нише удерживают

Структура рынка профессиональных сервисных роботов в 2013 году, шт.



Источник: www.ifr.org

США: на закупку автономных воздушных, наземных и морских транспортных средств Министерство обороны США в 2012 году планировало выделить 4,8 млрд долларов США. Однако и другие государства предъявляют спрос на военных роботов: например, расходы Министерства обороны Великобритании на разработку и производство беспилотных летательных аппаратов за 2008–2012 годы составили 3,3 млрд долларов США.

По оценке IFR в 2013 году объем рынка профессиональных сервисных роботов составил 3,57 млрд долларов США. В натуральном выражении сегмент вырос с 20,2 тыс. устройств в 2012 году до 21 тыс. в 2013-м. Более 9,5 тыс. из них относятся к военным роботам, что составляет почти 45% от числа всех проданных профессиональных роботов в 2012 году. Наиболее востребованными из военных роботов оказались беспилотные летательные аппараты (БПЛА): их продажи в натуральном выражении выросли на 8% и составили 8,5 тыс. единиц. При этом эксперты признают, что информация, связанная с военными роботами, не является полностью открытой, поэтому действительные объемы рынка могут быть существенно выше.

Объем продаж сельскохозяйственных роботов в 2013 году составил 883 млн долларов США или около 25% рынка профессиональных роботов в денежном выражении. Общее число проданных роботов в данном сегменте составляет порядка 5,9 тыс. штук, или 28% от всех учтенных IFR профессиональных роботов. Большую часть сельскохозяйственных роботов (5,1 тыс. штук) составляют автоматизированные доильные системы. Среди прочих устройств преобладают роботы для уборки помещений и автоматической подачи кормов.

Основную часть рынка профессиональных сервисных роботов в стоимостном выражении занимают медицинские устройства. К этому сегменту относятся

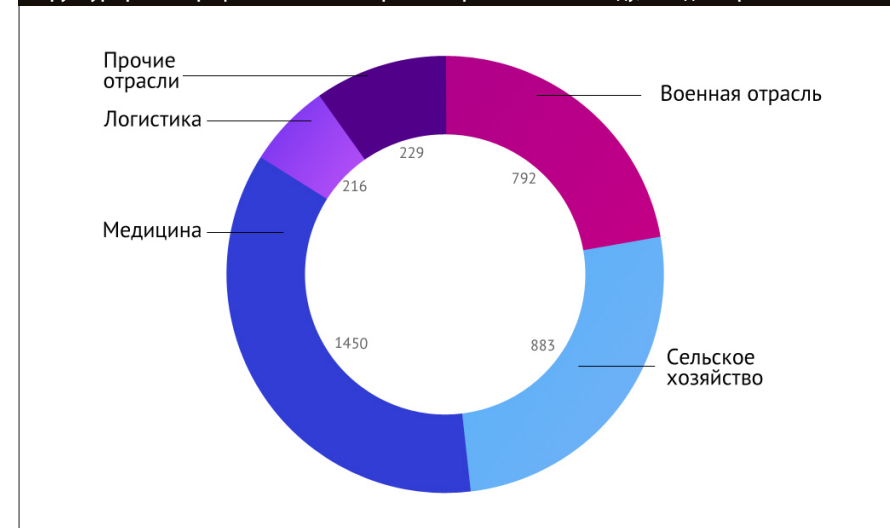
роботизированные хирургические комплексы, аппараты для лучевой терапии и устройства для реабилитации пациентов. Объем продаж подобных устройств составил 1,45 млрд долларов США, или 41% от стоимости всех профессиональных роботов, проданных в 2013 году, без учета военных систем. Фактически было продано порядка 1300 медицинских роботизированных приборов, 546 из которых были произведены американской компанией Intuitive Surgical. Медицинские роботы являются самыми дорогими: базовая цена одного комплекса da Vinci Surgical System в среднем составляет 1,5 млн долларов США, а в зависимости от конфигурации может достигать до 2,3 млн долларов США.

Еще одним активно развивающимся направлением является логистика. В 2013 году было продано почти 1,9 тыс. роботизированных устройств для работы в производственных помещениях, что на 37% превысило аналогичные показатели 2012 года. Учитывая большое число участников рынка, эксперты полагают, что реальное количество подобных устройств может существенно превышать сделанные оценки. Общий объем данной ниши в денежном выражении за 2013 год составил 216 млн долларов США.

Объем продаж прочих устройств из сегмента профессиональной сервисной робототехники составил около 2,4 тыс. штук. В эту категорию попадают самые разные устройства: машины для уборки коммерческой недвижимости, офисные роботы телеприсутствия, устройства для внутритрубной диагностики и подводные роботы стоимостью более 3,1 млн долларов США.

В сегменте потребительской робототехники в 2013 году было продано около 4 млн устройств на общую сумму около 1,7 млрд долларов США. Почти 2,7 млн из этого количества — это роботы для выполнения работы по дому: пылесосы, газонокосилки и

Структура рынка профессиональных сервисных роботов в 2013 году, млн долларов США



Источник: www.ifr.org, Global Industry Analysts

другие бытовые устройства. Объем ниши бытовых роботов составил 799 млн долларов США. В сегменте роботов для развлечений в 2013 году было продано 1,2 млн устройств. В денежном выражении этот рынок составил 911 млн долларов США.

Интересно сравнить эти данные с отчетом IFR "World Robotics 2004", в котором приведены оценки состояния рынка в 2003 году. За прошедшие 10 лет рынок профессиональных сервисных роботов вырос с примерно 250 млн до 3,57 млрд долларов США, то есть среднегодовой темп прироста составил 30,5%. Для десятилетнего периода это очень высокий показатель. Потребительский сегмент за этот период вырос с примерно 370 млн до 1,7 млрд долларов США, средний темп роста составил 16,5% в год.

Эксперты из IFR оптимистично оценивают перспективы развития рынка сервисной робототехники на следующие 20 лет. Согласно их мнению, продажи профессиональных сервисных роботов с 2013 по 2016 год вырастут до 95,8 тыс. устройств, что составит 17,1 млрд долларов США в денежном выражении. Для потребительского сегмента в 2013–2016 годах прогнозируется продажа 15,5 млн бытовых роботов, 3,5 млн роботизированных игрушек, 3 млн роботов для образовательных целей и 6,4 тыс. устройств для помощи инвалидам. В упомянутом выше исследовании компании Markets and Markets аналитики прогнозируют развитие сервисного сегмента робототехники со средним темпом 17,4% в год до объема 46,2 млрд долларов США в 2017 году.

Ключевые участники рынка

Для рынка сервисной робототехники характерна специализация каждой компании на своем продуктовом сегменте. Среди большого числа производителей можно выделить несколько лидеров:

- ♦ **iRobot** — американская компания, лидер по производству бытовых и военных наземных роботов. Выручка компании от продажи устройств за 2013 год составила 477 млн долларов США; 88% этой суммы приходится на долю домашних роботов-уборщиков;
- ♦ **Intuitive Surgical** — американская компания, занимающаяся производством роботизированных хирургических манипуляторов. Выручка компании за 2013 год составила 2,26 млрд долларов США.

В других сегментах рынка действует множество локальных игроков:

- ♦ в сфере производства военных роботов безусловным лидером



Квадрокоптер Veror Drone можно использовать для полетов на открытом пространстве и в помещениях

являются США, где в этой отрасли работают такие компании, как iRobot, Boston Dynamics, Foster-Miller, John Deer, General Atomics, Northrop Grumman, AeroVironment, Lockheed Martin, Raytheon, Oshkosh Defense и т.д. Можно отметить производителей военной робототехники и в других странах: QinetiQ (Великобритания), Thales (Франция), Finmeccanica (Италия);

- ♦ в сегменте морских роботов можно выделить такие компании, как Kongsberg Maritime (Норвегия), Bluefin Robotics и Liquid Robotics (США), а также Teledyne Gavia (Исландия) и International Submarine Engineering (Канада);
- ♦ среди разработчиков сельскохозяйственных роботов, в первую очередь автоматизированных доильных аппаратов, лидерство удерживают европейские производители;
- ♦ на рынке роботов-уборщиков можно отметить такие бренды, как Evolution Robotics (компания поглощена iRobot в 2012 году), Avidbots, Neato; кроме того, в этой нише проявляют активность традиционные производители бытовой техники: Electrolux, LG и Samsung, а также небольшие компании из Китая и Республики Корея;
- ♦ среди производителей военных экзоскелетов и устройств для реабилитации больных можно выделить израильскую компанию ReWalk Robotics (бывшая ARGO), новозеландскую REX Bionics, американские фирмы Ekso Bionics и Raytheon и японские компании Cyberdyne и Honda;
- ♦ лидерами среди производителей роботов для логистики являются компании Kiva Systems (поглощена Amazon в 2013 году), Seegrid (США) и BA Systèmes (Франция); на этот рынок также стремятся выйти японские и европейские производители складской техники;
- ♦ в производстве андроидов лидирующие позиции занимают японские компании, в том числе Honda и SCHAFT (поглощена Google в 2013 году), хотя технологических успехов добились и американские разработчики из Boston Dynamics (также поглощена Google в 2013 году);
- ♦ в сегменте роботизированных игрушек работает множество производителей; среди них стоит отметить датскую фирму Lego, французские компании Parrot и Aldebaran Robotics, американские WowWee и Orbotix.

Основными производителями сервисных роботов являются США, Западная Европа и Япония. «В США, стране победившего маркетинга, люди способны думать с точки зрения потребителя и применять технологии с этой точки зрения. Китай был и пока остается центром производства, центром масштабнейшего копирования. При этом есть очень сильный курс государства на попытку построить свою инновационную экономику. Как оно произойдет — время покажет. В Южной Корее и Японии очень хорошие университеты и, как следствие, научные разработки, но есть определенные проблемы с коммерциализацией продукта. В Европе сильна промышленная робототехника, а что касается сервисной — она находится на этапе развития; есть хабы в Берлине и Лондоне, но по качеству инфраструктуры они слабее, чем Кремниевая долина», — отмечает Валерия Комиссарова, директор по развитию фонда Grishin Robotics, который занимается инвестициями в компании, разрабатывающие потребительскую сервисную робототехнику.

Ключевые факторы роста сервисной робототехники

Быстрое развитие сервисной робототехники определяется сочетанием факторов, влияющих как на спрос, так и на предложение. Росту предложения способствуют:

- ♦ **развитие ключевых технологий.** Научный прогресс делает технологически осуществимыми все новые и новые виды роботов. Например, в середине 2000-х годов произошла революция в системах автономной навигации, сделавшая возможным создание автопилотируемых легковых автомобилей и дронов;
- ♦ **удешевление компонентов.** Рост объемов производства комплектующих снижает их стоимость, что делает новые типы роботов коммерчески доступными. Кроме того, развитие технологий цифрового производства облегчает процесс прототипирования;
- ♦ **новые идеи продуктов.** Современные механизмы тестирования спроса и финансирования разработок, в том числе ставшие популярными в последнее время краудфандинговые платформы, помогают небольшим коллективам разработчиков создавать оригинальные продукты.

Валерия Комиссарова выделяет несколько источников роста сегмента потребительской робототехники: «В первую очередь, удешевление компонентов и 3D-печать, которая принципиально упрощает прототипирование для стартапов и снижает порог входа. Робототехника в полной мере пользуется всеми достижениями Интернета, информационных технологий и программного обеспечения, которые были достигнуты до настоящего момента. Кроме этого, серьезным драйвером является краудфандинг. Для появления большого количества стартапов нужны сниженные барьеры для входа».

В свою очередь факторы развития спроса зависят от рыночной ниши:

1) профессиональная робототехника для бизнеса:

- ♦ основным фактором, определяющим расширение спроса на робототехнику со стороны предприятий, является продолжающийся рост заработной платы специалистов. Если использование роботов позволяет частично заменить человека либо увеличить производительность его труда, то в этом случае рост заработной платы стимулирует использование роботизированных систем. Примеры сегментов, для которых этот фактор является определяющим: логистика, сельское хозяйство и эксплуатация инфраструктуры;
- ♦ важной сферой применения профессиональных роботов остаются опасные и вредные производства, включая атомную и химическую промышленность;
- ♦ в некоторых областях применение роботов позволяет достичь роста качества по сравнению с операциями вручную. Примером может служить использование робота da Vinci Surgical для проведения урологических операций, которое де-факто стало «золотым стандартом» в этой области хирургии.

2) **профессиональная робототехника для нужд обороны.** В этом сегменте основное значение придается достижению технологического превосходства в бою

и сокращению потерь личного состава. Согласно заявлению заместителя государственного секретаря США по обороне Роберта Хейла, стоимость пребывания одного солдата в Афганистане в течение года составляет 850 тыс. долларов США. При этом не учитываются стоимость подготовки специалиста, ущерб для экономики в случае его гибели, а также давление избирателей на политиков в связи с военными потерями. Учитывая среднюю стоимость автономных наземных устройств (300–400 тыс. долларов США), частичная замена личного состава на роботизированные устройства становится оправданной не только политически, но и экономически;

3) потребительская сервисная робототехника:

- ♦ в сегменте бытовых роботов определяющим фактором развития являются рост экономического благосостояния домохозяйств, а также стремление к повышению качества и безопасности жизни. По заявлению основателя iRobot Колина Энгла, «работа по дому должна быть выбором, а не обязанностью» («Housework should be a choice, not a chore»). В частности, эти тенденции были обыграны в рекламных слоганах пылесосов Roomba;
- ♦ для индустрии персональных медицинских роботов важнейшим фактором является старение населения и рост затрат на уход за инвалидами. Особенно остро эта проблема стоит в Японии, но и в других развитых странах она становится все более актуальной.

Изучение опыта лидеров рынка сервисной робототехники показывает, что их ведущие позиции были достигнуты благодаря быстрому выводу инноваций на массовый рынок. В последнее время благодаря возросшей зрелости рынка технологический цикл разработки и вывода на рынок роботизированных продуктов сокращается. Поэтому стратегическое преимущество получают опытные команды, которые работают над новыми продуктами и имеют доступ к инфраструктуре быстрого прототипирования, запуска производства и вывода продукта на рынок.

Динамика рынка сервисной робототехники в ближайшее десятилетие будет во многом зависеть от прогресса в развитии востребованных в робототехнике технологий.

1.1.3. Выводы

1. Рынок робототехники можно разделить на два крупных сегмента: промышленный и сервисный.
2. Эти сегменты мало связаны между собой, поскольку ориентированы на принципиально разные рынки и используют значительно различающуюся компонентную базу.
3. Промышленные роботы востребованы крупными производственными предприятиями. Этот сегмент характеризуется высокой степенью консолидации: 56% рынка принадлежит четырем ведущим игрокам.
4. Стоимость промышленных манипуляторов составляет около 1/3 от стоимости проекта автоматизации. Остальное приходится на инжиниринг и услуги системной интеграции.

5. Сегмент промышленных роботов растет на протяжении 10 лет со среднегодовым темпом 8,4%, но подвержен сильным колебаниям в зависимости от стадий экономических циклов.

6. Рынок сервисной робототехники стремительно развивается на протяжении 10 лет. Среднегодовой темп прироста за этот период составил 30,5% для профессионального сегмента и 16,5% — для потребительского.

7. Военные роботы — это крупнейший сегмент рынка сервисной робототехники как в физическом, так и в денежном выражении.

8. Эксперты прогнозируют дальнейший быстрый рост рынка сервисных роботов, в том числе за счет создания новых продуктовых ниш.

1.2. Перспективы развития технологий в области робототехники

По мере своего развития информационные технологии охватывают всё новые области. В результате динамично развиваются такие рыночные сегменты, как «умный дом», цифровое производство, «носимая электроника» и робототехника. Важнейшими технологическими трендами, способными обеспечить развитие новых рынков в краткосрочной перспективе, являются:

- ♦ **рост вычислительных мощностей.** Это важнейший тренд, оказывающий влияние на робототехнику. Согласно некоторым оценкам, основной вклад в рост производительности труда в США с 1973 по 2006 год внесло развитие информационных технологий. Увеличение производительности компьютеров делает возможным появление новых ниш на рынке сервисных роботов;
- ♦ **снижение стоимости компонентов.** Стремительное расширение рынка сервисных роботов приводит к увеличению объемов производства ключевых комплектующих: электродвигателей, редукторов и др., что ведет к снижению цен. Также оказывает влияние на рынок появление новых игроков и постепенный рост качества комплектующих китайских производителей;
- ♦ **стандартизация платформ в робототехнике.** Это дополнительный фактор снижения стоимости разработки и производства новых продуктов. Подобно тому как создание IBM PC привело к развитию рынка доступных персональных компьютеров, новые, в том числе открытые платформы роботов позволят радикально снизить цену на массовые продукты, например на персональные коптеры, медицинские манипуляторы, мобильные платформы. Это приведет к быстрому развитию сервисов и интегрированных решений, предоставляемых на их базе.

1.2.1. Технологические ограничения отрасли

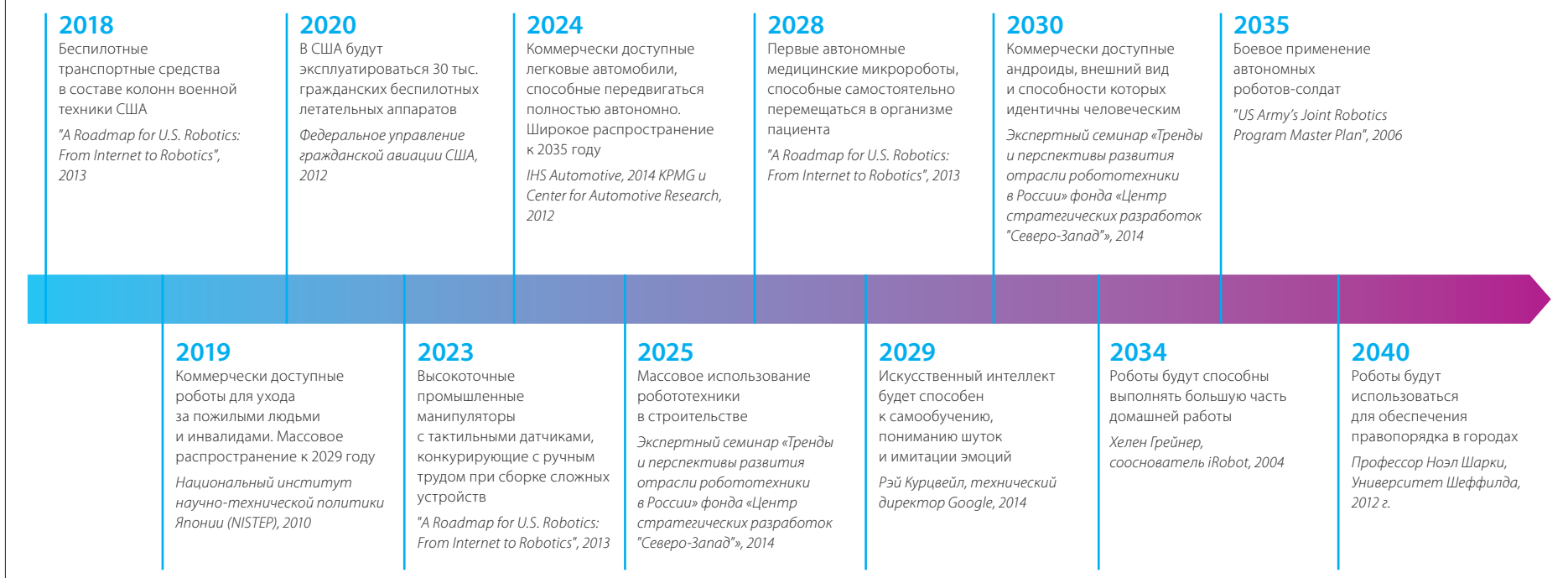
Развитие робототехники зависит от прогресса базовых технологий, например машинного зрения или навигации. На основании опроса российских экспертов и анализа тематик зарубежных исследований нами были выделены технологи-

ческие ограничения развития робототехники в мире, а также возможные пути их преодоления, которые будут оказывать влияние на создание новых продуктов и рыночных ниш.

Как наиболее значимые в экономическом и социальном отношении были выделены следующие области применения робототехники:

- ♦ **логистика** является перспективным направлением для использования роботов, поскольку оперирует с хорошо структурированными данными и объектами. В настоящее время уже происходит автоматизация складской логистики. Существенный экономический эффект может быть достигнут в сфере транспортной логистики, особенно для решения проблемы доставки в крупных мегаполисах, а также за счет использования беспилотных автомобилей;
- ♦ **медицина и здравоохранение** традиционно предъявляют высокий спрос на передовые технологии. Хирургические манипуляторы и технологии неинвазивной лучевой терапии постепенно становятся стандартом лечения. Развитие технологий протезов и медицинских экзоскелетов является скорее социальной, чем коммерческой сферой, однако прогресс в этой области приведет к существенному повышению качества жизни инвалидов;
- ♦ **оборонные ведомства и специальные службы** являются основными потребителями сервисных роботов, а также важным источником инноваций в этой сфере. Робототехника снижает риски для личного состава в бою или при несении службы в экстремальных условиях. Развитие робототехники позволит добиться радикальных изменений в тактике военных операций;
- ♦ **добыча природных ископаемых.** Основные перспективы в автоматизации этой отрасли связаны с заменой человека роботизированными машинами на опасных и вредных производствах, например в карьерах. Перемещение добычи нефти и газа на шельфы и прокладка трубопроводов по дну акваторий создают спрос на подводных роботов, способных контролировать инфраструктуру и производить ремонт. Еще одним направлением является использование БПЛА для мониторинга территориально распределенных систем, например трубопроводов или дорог;
- ♦ **уход за пожилыми людьми и инвалидами** является серьезной экономической и социальной проблемой для обществ с растущей долей пожилого населения. Внедрение роботизированных устройств для передвижения, мониторинга состояния и помощи инвалидам даст огромный экономический эффект для Японии и стран Западной Европы, поскольку в будущем позволит отказаться от услуг сиделок и высвободит значительные трудовые ресурсы, задействованные в этой работе;
- ♦ **сельское хозяйство.** В настоящее время крупнейшей нишей сельскохозяйственных роботов являются доильные аппараты. Растущий спрос наблюдается в сегменте БПЛА для мониторинга и обработки посевных площадей. Кроме того, в будущем будут востребованы роботы для замещения человека в операциях, которые требуют ручного труда: выборочная обработка посевов, сбор и сортировка плодов и т.д.;
- ♦ **строительство** — отрасль, в которой внедрение роботов может дать значимый экономический эффект в среднесрочной перспективе. Ее особенностью является хорошо структурированная среда, имеющая четкий план и привязку к местности, а также использование стандартизированных материалов. Эффект от внедрения

Прогнозы развития робототехники



роботов может быть достигнут за счет сокращения сроков, снижения потребности в неквалифицированной рабочей силе и повышения качества строительства;

- ♦ **автоматизация домашней работы** является актуальной задачей робототехники, хотя пока находится в самом начале своего развития. Рост стоимости труда будет приводить к увеличению спроса на роботов, способных заниматься работой по дому. С другой стороны, люди с определенным материальным достатком будут стремиться отказаться от труда горничных, поваров и прочих работников.

Успешность внедрения систем автоматизации на перечисленных рынках зависит от решения сложных научных и технических задач в следующих областях:

- ♦ **машинное зрение** является важнейшим элементом искусственного интеллекта робота. Без развития этой технологии невозможно создание автономных транспортных средств и роботов, способных безопасно работать во взаимодействии с человеком. Поскольку данная задача пока не имеет универсального решения, то успеха на рынке будут добиваться те компании, которые смогут обеспечить приемлемое качество в своей предметной области;
- ♦ **понимание естественного языка** необходимо для распознавания команд человека. Наибольшее значение эти технологии имеют для военных целей, а также для профессиональной робототехники, например для управления вспомогательными системами хирургических манипуляторов. В ближайшей перспективе

ожидается распространение подобных технологий в сегменте бытовых роботов;

- ♦ **сети датчиков** позволяют сделать поведение робота более адаптивным. Новые типы датчиков и сенсорные сети будут более всего востребованы военными, а также роботами сегмента профессиональной сервисной робототехники;
- ♦ **бионические системы**, повторяющие элементы живых организмов, позволят создавать новые типы роботов для военного применения и использования вместо человека в опасных средах, а также будут стимулировать развитие средств передвижения и протезов для инвалидов. Важной составляющей подобных роботов являются интерфейсы управления, обеспечивающие удобство их эксплуатации;
- ♦ **медицинские роботы** уже активно используются в хирургии и при лечении онкологических заболеваний. Развитие технологий позволит повысить качество лечения и снизить вред для здоровья пациентов за счет малоинвазивных операций. Технологии этого сегмента также могут быть востребованы военными и спасательными службами для лечения пациентов в экстремальных условиях;
- ♦ **системы навигации** наряду с машинным зрением являются ключевой технологией, без которой невозможно развитие мобильных систем. Основными направлениями исследований являются повышение точности позиционирования, а также возможность навигации внутри закрытых пространств;
- ♦ **источники энергии** являются критической технологией для всех автономных роботов, от беспилотных летательных аппаратов до экзоскелетов. Основные исследования в этой области направлены на разработку источников питания

с высокой плотностью энергии, а также на создание недорогих топливных элементов и микродвигателей;

- ♦ **микророботы** пока находятся на этапе фундаментальных исследований. Тем не менее прогресс в данной области в перспективе приведет к созданию новых типов военных, медицинских и спасательных роботов.

Оценка влияния прогресса в различных областях науки на развитие робототехники по отраслям

Области применения	Компьютерное зрение	Понимание речи	Сенсорные сети	Бионические системы	Медицинские роботы	Системы навигации	Источники питания	Микророботы
Промышленность	С	Н	С	Н	Н	С	Н	Н
Добыча природных ресурсов	В	Н	С	Н	Н	В	Н	Н
Сельское хозяйство	В	Н	С	Н	Н	В	Н	Н
Логистика	В	Н	С	С	Н	В	С	Н
Строительство	В	Н	В	С	Н	В	С	С
Здравоохранение	С	С	С	В	В	С	Н	С
Образование	В	В	С	Н	С	Н	Н	Н
Военные расходы и безопасность	В	С	В	В	С	В	В	С
Уход за инвалидами	Н	В	В	В	В	С	В	С
Работа по дому	С	В	В	Н	Н	С	В	Н
Досуг и игры	В	В	В	С	Н	С	В	В

На основе оценок авторов отчета

Примечание. Уровни развития: В — высокий, С — средний, Н — низкий.

1.2.2. Машинное зрение

Компьютерное зрение — это технология обнаружения и классификации объектов на основе изображений. Машинное зрение подразумевает применение технологий компьютерного зрения для промышленных систем, роботов и т.д.

Применение систем компьютерного зрения для роботов позволяет существенно расширить их возможности. Эта комплексная задача включает в себя распознавание и идентификацию объектов, которые попали в поле зрения, реконструкцию модели окружающего мира и определение собственного местоположения, распознавание движений и других событий внутри сцены. Первые работы в области компьютерного зрения были проведены в 1970-х годах в Стэнфордском исследовательском институте (Stanford Research Institute, SRI). В 1980 году создатель одного из первых роботизированных манипуляторов Stanford Arm Виктор Шейнман основал компанию Automatrix для производства систем машинного зрения для промышленных роботов. Первые продукты компании на базе японских манипуляторов использовались для промышленной сварки.

Сегодня системы компьютерного зрения достигли значительного прогресса по сравнению с первыми экспериментами. Системы видеонаблюдения способны под-

считывать число людей или вести наблюдение за конкретным человеком, распознавать лица и номера машин, определять сложные события, например факты нарушения общественного порядка. Автономные транспортные средства идентифицируют дорожные знаки, а бытовые контроллеры Microsoft Kinect позволяют играть в компьютерные игры, используя в качестве игрового контроллера движения игрока. Тем не менее задача разработки компьютерного зрения пока не имеет окончательного решения. По мнению Романа Жукова, директора компании Wicon, которая занимается производством роботов телеприсутствия, построение универсальных самообучающихся систем в обозримом будущем не представляется возможным из-за необходимости концентрации огромных вычислительных мощностей и разработки новых алгоритмов.

Среди проблем, работа над которыми активно ведется во многих лабораториях мира, можно выделить следующие:

- ♦ потребность в вычислительных мощностях на мобильных платформах;
- ♦ анализ изображений с учетом изменчивости (точка зрения, освещенность и т.д.);
- ♦ реконструкция сцены за счет систем 3D-зрения при помощи лидаров;
- ♦ идентификация и распознавание образов, в том числе при помощи нейронных сетей;
- ♦ развитие облачных сервисов для распознавания объектов.

Условия прогресса

Создание новых моделей роботов зависит от прогресса во множестве областей науки и техники. Появление прорывных технологий, которые могут быть применены в конструировании роботов, дает отрасли возможность создавать инновационные продукты и приводит к стремительному развитию новых рыночных ниш. Так разработанные в лабораториях General Motors и Sumitomo в 1982 году неодимовые магниты стали основой мощных электродвигателей, на которых построено большинство современных роботизированных манипуляторов. Создание в 1985 году литий-ионных аккумуляторов сделало возможным создание беспилотных летательных аппаратов. Рост вычислительных мощностей и применение лидаров дало толчок развитию автономного транспорта и складской техники.

«Основные проблемы развития робототехники сводятся к трем направлениям. Первое — “Что?»: понимание роботом того, что находится перед ним. Умение отличить ложку от вилки, апельсин от теннисного мячика, а человека от манекена важно, поскольку без понимания того, что находится перед ним, робот не может правильно взаимодействовать с этими объектами. Второе — “Где?»: четкое позиционирование себя в окружающем пространстве, 3D-реконструкция сцены и анализ динамики движущихся объектов для осуществления упреждающих действий. К этому же направлению относится и самодиагностика роботов, а также мониторинг окружающей среды за счет распределенных сетей датчиков. Третье — “Как?»: реакции робота на внешние изменения с целью совершения какого-либо полезного действия. Если для живых организмов многие действия осуществляются рефлекторно, то для робота каждый шаг связан с программированием работы различных приводов с учетом начального положения и скорости, наклона и коэффициента трения поверхности и других параметров», — считает директор ИТ-проектов Фонда «Сколково» Альберт Ефимов.

Одним из возможных путей решения задачи «понимания» роботами того, что они «видят», является использование облачных сервисов, аккумулирующих знания об окружающей среде. В этом направлении можно выделить проект Robo Brain — разработку ученых из Корнелльского университета, которые поставили задачу создания единого репозитория образов и действий для роботов. В том случае, если робот столкнется с чем-то новым для себя, он может обратиться в облачное хранилище информации и узнать назначение этого предмета, а также возможные действия с ним.

Другим примером работы в этом направлении является проект Visual Media Reasoning агентства DARPA, который нацелен на автоматическое определение контента фотографий, включая распознавание людей, предметов, местоположения и времени, в медиа-файлах, публикуемых в Интернете.

В настоящее время выработаны основные подходы к решению проблем в области компьютерного зрения и происходит их адаптация для прикладных задач. Прогресс в обозначенных областях позволит роботам прежде всего усложнить реакции на изменения окружающей среды за счет увеличения объема «осознаваемой» информации. Перечислим некоторые из областей применения технологий машинного зрения.

Военные роботы

Разработка вооружений — основное направление прикладных исследований в области компьютерного зрения. По словам Алана Шульца, главы отдела разведывательных систем Военно-морского центра прикладных исследований в области искусственного интеллекта (Navy Center for Applied Research in Artificial Intelligence, NCARAI) в Вашингтоне, Пентагон заинтересован в разработке систем обнаружения снайперов и в роботах, способных передвигаться по пересеченной местности.

Примером современных исследований агентства DARPA в области компьютерного зрения является программа Mind's Eye, в которой участвуют 15 ведущих университетов и исследовательских компаний США. Основной задачей является создание надежной системы компьютерного зрения для мобильных наземных роботов, которая сможет принимать решения на уровне человека без длительной тренировки. Кроме того, он отметил, что вычислительная сложность решаемых задач требует усилий разработчиков аппаратного обеспечения.

Автономные транспортные средства

Прогресс систем компьютерного зрения в робототехнике может принести наибольший экономический эффект при их применении в автономных транспортных средствах. Сейчас происходит внедрение элементов этих технологий в профессиональное оборудование в сфере складской и транспортной логистики, карьерной и сельскохозяйственной техники.



Робот Baxter может работать рядом с человеком

Автономные устройства для автоматизации складов и производственных помещений уже стали коммерчески доступны и активно внедряются по всему миру. Так, например, оборудование французской компании BA Systèmes применяется на более чем 250 складах в Европе.

Компания Volvo Trucks в 2012 году продемонстрировала грузовики, способные передвигаться по дорогам Испании со скоростью до 90 км/ч. Одним из направлений разработок компании Volvo стало создание технологий автопоездов, когда несколько автомобилей следуют за «лидером», не требуя вмешательства человека. Технологии легковых автомобилей, способных самостоятельно перемещаться в пункт назначения становятся реальностью. Однако их внедрение в потребительском сегменте будет происходить постепенно.

Технологии легковых автомобилей, способных самостоятельно перемещаться в пункт назначения, также постепенно становятся реальностью. Однако их внедрение в потребительском сегменте будет происходить постепенно, в силу необходимости развития соответствующей законодательной базы.

По оценкам инвестиционного банка Morgan Stanley, использование беспилотных автомобилей может обеспечить эффект для американской экономики на уровне 1,3 трлн долларов США в год. Для мировой экономики этот показатель составит 5,6 трлн долларов США.

Ко-боты

Современные промышленные роботы зачастую оперируют тяжелыми грузами и перемещаются с высокой скоростью, поэтому могут представлять опасность для человека и обычно изолируются специальным ограждением. Разработка манипуляторов, оснащенных системами машинного зрения и безопасных для человека, — ко-ботов — может существенно изменить ситуацию. Одним из преимуществ подобных систем является простота настройки движений и отсутствие необходимости в ограждениях.

Расширение продуктовых линеек за счет подобных моделей стало трендом для производителей промышленных роботов в 2013–2014 годах, включая модели компаний Universal Robots (UR5), KUKA (LBR iiwa), Rethink Robotics (Baxter) и др. О смене приоритетов говорит CEO Universal Robots Энрико Иверсен: «Теперь мы функционируем по двум отдельным бизнес-моделям: одной для крупных заказчиков и одной для нашей

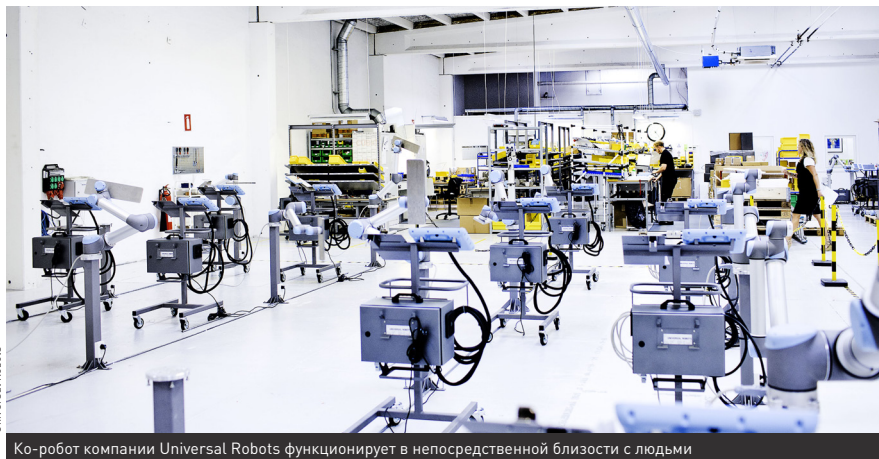
приоритетной аудитории — малого и среднего бизнеса». По словам Иверсена, компания Universal Robots поставила более тысячи единиц ко-ботов в 2013 году и планирует поставить около 2 тыс. в 2014-м.

1.2.3. Понимание естественного языка

В отличие от распознавания голоса (voice recognition), понимание естественного языка (speech perception) является намного более сложной проблемой, решение которой невозможно без знания контекста беседы, распространенных идиом, понимания недомолвок, присущих речи человека. Разработка таких алгоритмов требует привлечения математиков, программистов, лингвистов, психологов. На сегодняшний день остается много проблем, которые должны быть решены в области распознавания речи и понимания языка. Одной из них является создание онтологий — формальных описаний всего множества терминов предметной области и отношений между ними. Среди российских разработок в этой области нужно отметить технологию семантического анализа Compreno, представленную компанией ABBYY в апреле 2014 года.

Применительно к робототехнике понимание речи становится все более актуальной задачей, так как предоставляет пользователю дополнительный удобный интерфейс. Технологии распознавания речи активно используются в сегменте профессиональной сервисной техники. Так, например, разработчики уже научили шагающего робота LS3 «понимать» голосовые команды. Другим примером является компания Computer Motion, которая использовала модуль голосового управления Hermes Control Center для эндоскопических камер AESOP, получивших одобрение FDA (Федеральное управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов) еще в 1994 году.

Однако наибольшего эффекта от разработки голосовых интерфейсов можно ожидать в сегменте бытовых сервисных роботов. Важным шагом в этом направле-



Ко-робот компании Universal Robots функционирует в непосредственной близости с людьми

нии стал голосовой помощник Siri, приобретенный Apple и интегрированный в операционную систему iOS. Среди российских компаний можно отметить «Наносемантику», разрабатывающую диалоговые системы на базе искусственного интеллекта. В августе 2014 года этой компанией было анонсировано создание настольного робота-собеседника Lexu, способного рассказывать последние новости, поддерживать диалог, искать информацию, управлять устройствами «умного дома» и даже наделенного базовыми эмоциями.



Робот компании Cubic Robotics — электронный ассистент

Первой российской компанией в этом сегменте стала Cubic Robotics, анонсировавшая свою разработку в марте 2014 года. Если Cubic и Lexu не являются в строгом смысле роботами, то команда проекта «Гиперколобок» (см. главу IV) работает над созданием подобного диалогового робота, способного передвигаться и оснащенного простейшими манипуляторами.

1.2.4. Сенсорные сети

По мере увеличения количества параметров среды и команд человека, от которых зависит поведение робота, увеличивается сложность и гибкость его реакций. Поэтому развитие сенсорных сетей находится в центре внимания многих научных коллективов, начиная от групп, занимающихся фундаментальными исследованиями сигналов мозга, и заканчивая коллективами, осуществляющими прикладные разработки новых стандартов беспроводной связи.

В робототехнике сенсорные сети находят все более широкое применение в следующих областях:

- ◆ контроль состояния механизмов роботов;
- ◆ определение параметров внешней среды;
- ◆ ориентация в пространстве;
- ◆ кооперативное поведение роботов (рой).

Важным направлением исследований остается энергообеспечение беспроводных датчиков. Сегодня этот вопрос решается за счет централизованного питания или установки батарей. Однако более привлекательными с точки зрения обслуживания являются энергонезависимые датчики, способные получать энергию из внешней среды либо работать в пассивном режиме, когда измерение происходит в момент опроса, подобно RFID-меткам.

Развитие сенсорных сетей и стандартов обмена данными предоставляет большие возможности для расширения взаимодействия между различными устройствами. Опрошенные нами эксперты ожидают возникновения значительного числа новых продуктов для бытового применения. Подобные системы чаще всего не являются роботами, а относятся к смежному направлению устройств бытовой электроники, которые объединяются понятием «умный дом». Тем не менее некоторые типы потребительских роботов могут быть вписаны в эту экосистему. Перспективы развития данного сегмента подтверждаются высоким интересом со стороны лидеров рынка информационных технологий. Так в январе 2014 года Google приобрела разработчика термостатов Nest Labs за 3,2 млрд долларов США, Apple анонсировала собственную платформу для управления бытовыми устройствами HomeKit, а Samsung в августе 2014 года заявила о покупке за 200 млн долларов США компании SmartThings, разрабатывающей мобильные приложения для управления «умным домом».

Эволюция систем «умного дома» сопровождается развитием феномена «Интернета вещей», который позволяет различным устройствам обмениваться информацией и координировать действия. По оценкам компании Gartner, к 2020 году к сети Интернет будут подключены 26 млрд устройств. Развитие этой технологии повлияет и на рынок роботов, поскольку обмен информацией между устройствами в значительной степени избавит их от необходимости распознавать образы и осуществлять навигацию самостоятельно, а также откроет возможность для взаимодействия различных устройств.

1.2.5. Биомеханические системы

Отдельное направление развития робототехники связано с бионикой, которая занимается изучением и разработкой механизмов, подражающих строению живых организмов. Это направление можно разделить на две части: создание роботов, имитирующих живые организмы, например чайка, медуза и кенгуру от компании Festo, а также создание комплексов, имитирующих отдельные функциональные элементы живой системы: протезирование конечностей и внутренних органов, искусственные мышцы, экзоскелеты и т.д.

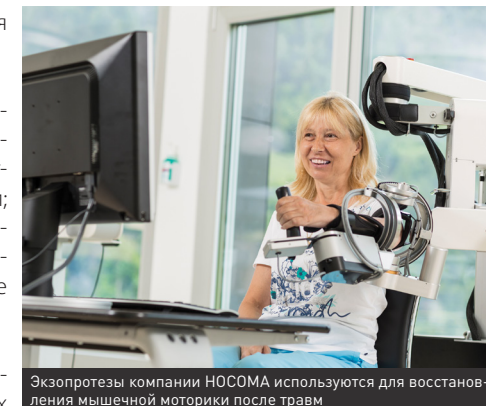
Первое обозначенное направление носит в большей степени научный характер: ученые и инженеры моделируют движения животных для дальнейшего изучения. Из прикладных разработок в области биомиметики (подражания животным) можно выделить военных дронов Maveric и Robo-Raven, которые маскируются под парящих хищных птиц, или игрушечных роботов-бельков Paro ценой по 5 тыс. долларов



США, разработанных для улучшения настроения пожилых людей.

Второе направление имеет большее практическое значение. Бионические комплексы активно применяются для протезирования конечностей; создаются искусственные биомеханические органы (сердце, почки); постепенно получают распространение экзоскелеты.

Важным направлением исследований является создание линейных двигателей, которые будут способны действовать как настоящие мышцы: сокращаться в случае приложения внешнего воздействия и расслабляться при его устранении. Дело в том, что классические двигатели, способные вращаться при подаче тока, весьма ограничено подходят для моделирования живых систем. Разработки ведутся в основном в направлении различных электроактивных полимеров и термочувствительных сплавов с памятью формы. Однако пока на практике в таких моделях, как Cheetah (Boston Dynamics) или Kangaroo (Festo), используются пневматические двигатели в сочетании со вспомогательными электрическими моторами и пружинами.



Роботизированные протезы

Развитие бионики зависит не только от финансирования лабораторий, но и от эффективности взаимодействия представителей различных научных направлений (биологов, инженеров, химиков, математиков и пр.).

Разработки в области биомеханических систем направлены в первую очередь на восполнение утраченных человеком способностей. Ведущая роль в этих исследованиях принадлежит США, Германии и ряду других европейских стран. Среди лидеров можно отметить следующие компании:

- ◆ SRLStepper (Англия) — протез кисти Bebionic;
- ◆ Touch Bionics (Шотландия) — протез кисти iLimb;
- ◆ Otto Bock (Германия) — протез кисти Michelangelo и протез ноги Genium;
- ◆ Vincent Systems (Германия) — протез кисти Vincent;
- ◆ DEKA (США, DARPA) — полный протез руки Luke's Arm;
- ◆ Biom (США) — протез ноги Biom;
- ◆ Össur (Исландия) — протез ноги Power Knee.

В России подобные разработки ведутся компаниями W.E.A.S. (протез кисти), НПФ «Орто-Космос» (протез кисти) и Протезно-ортопедическим центром реабилитации инвалидов (различные виды протезов).

Экзоскелеты

Различают два типа экзоскелетов: пассивные, не имеющие источников питания и работающие благодаря усилиям оператора, и силовые, которые используют различные приводы.

Первые опыты в этом направлении проводились в 1960-х годах компанией General Electric по заказу Министерства обороны США. Разработанные ею устройства серии Hardiman весили значительно больше, чем могли помочь поднять, поэтому не получили практического применения. Сегодня ведущие позиции в разработке экзоскелетов занимают США, Япония, Израиль и Новая Зеландия. Среди компаний-лидеров этого направления стоит отметить Ekso Bionics (США), Bionic Power (Канада), Rehab Robotics (США), Cyberdyne (Япония), Rewalk (Израиль), REX Bionics (Новая Зеландия) и Raytheon (США). Кроме перечисленных компаний, разработками экзоскелетов и устройств для реабилитации занимаются также компании AlterG, InMotion, Myomo и Hocoma.

Наиболее известный современный российский проект в области биомеханических устройств — это ExoAtlet компании «Экзороботикс». В 2013 году командой разработчиков из НИИ механики МГУ был продемонстрирован образец пассивного экзоскелета нижних конечностей модели ExoAtlet P-1. Это устройство перераспределяет нагрузку со спины на специальный пояс, который опирается на внешний каркас, предназначенный для удержания веса. Компания также занимается разработкой силового экзоскелета для реабилитации пациентов с локомоторными нарушениями нижних конечностей.

Основными двигателями прогресса в области разработки и применения экзоскелетов являются военные разработки. Цель применения биомеханических устройств в этой области состоит в увеличении выносливости и силы личного состава, появлении новых возможностей навигации на местности и взаимодействия с тяжелой техникой. Наиболее известными проектами экзоскелетов для военного применения являются HULC (DARPA, Калифорнийский университет в Беркли, Lockheed Martin) и XOS Exoskeleton (DARPA, Sarcos, Raytheon), которые, по заявлениям американской прессы, доведены до этапа подготовки к производству.



Экзопротез компании HOCOMA восстанавливает мышечную активность

Основным технологическим барьером для использования активных экзоскелетов является отсутствие подходящих автономных источников энергии. Самые эффективные аккумуляторные батареи пока не обеспечивают время работы, необходимое для практического применения устройства. Например, образец экзоскелета HULC позволяет переносить груз до 90 кг, но работает в течение всего одного часа. Возможным выходом из ситуации может служить использо-

вание генераторов на керосине. Так, по оценкам Lockheed Martin тот же HULC может работать на одной заправке в течение трех суток. Однако предстоит решить множество проблем, в том числе устранение шума от работы двигателя внутреннего сгорания.

Среди гражданских применений наиболее перспективными направлениями являются реабилитация пациентов и устройства для передвижения людей с ограниченными возможностями. В 2014 году созданный израильской компанией Argo Medical Technologies экзоскелет нижних конечностей ReWalk получил одобрение на продажу от Управления по контролю качества пищевых продуктов и медикаментов США (FDA). В августе 2014 года японская компания Cyberdyne также начала процедуру получения разрешения FDA на продажу своей системы HAL.

Перспективным представляется также использование экзоскелетов и для профессионального применения. Они могут быть востребованы при тушении пожаров, разборе завалов, ликвидации последствий стихийных бедствий, разминировании и проведении антитеррористических операций.

Новые интерфейсы управления

Удобство использования протезов и экзоскелетов напрямую связано с разработкой новых интерфейсов. В первую очередь речь идет о создании нейро- и миоинтерфейсов. Если в разработке непосредственно протезов успех таких продуктов, как ReWalk, Ekso Bionics, Bebionic и DEKA Arm, позволяет надеяться на радикальное улучшение качества жизни инвалидов, то в области интерфейсов управления еще остается широкое поле для исследований.

В настоящее время проблема управления решается за счет миоинтерфейса — системы обмена сигналами между уцелевшими мышцами человека и роботизированным протезом. Тренировки помогают организму в значительной мере адаптироваться к управлению конечностью, что позволяет при помощи роботизированного протеза выполнять операции на уровне приготовления яичницы.

Миоинтерфейсы могут использоваться не только инвалидами, но и обычными людьми для управления электронными устройствами с помощью жестов. Одним из лидеров в этом направлении является канадская компания Thalmic Labs. Существуют подобные разработки и в России. Компания W.E.A.S. Robotics использует систему миоуправления для бионических протезов. Первые прототипы миоинтерфейсов созданы и разработчиками проекта «Гальвани» (МФТИ).



Протезы компании Ekso Bionics позволяют людям с травмами ходить



Устройство EPOC компании Emotiv считывает импульсы человеческого мозга

В 2014 году разработчиками из Швейцарии был продемонстрирован биомеханический протез руки, который позволял решать и обратную задачу: передавать сенсорные ощущения от протеза в мозг пациента.

Еще более перспективными могут стать нейроинтерфейсы, способные принимать сигналы мозга и использовать их для управления каким-либо устройством. Исследования в этой области начались в 1970-х годах в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе при поддержке Национального научного фонда США и агентства DARPA.

Среди доступных нейроинтерфейсов начального уровня можно выделить два основных: Emotiv (считывает альфа-ритмы головного

мозга) и NeuroSky (распознает движение мышц лба). Данные интерфейсы имеют определенный коммерческий успех, в основном за счет необычности применяемых технологий.

Другим, более сложным направлением развития нейроинтерфейсов является анализ полной электроэнцефалограммы мозга, что позволит в будущем передавать роботам мысленные приказы. Над решением данной проблемы работают ведущие научные организации в области нейрофизиологии. В России среди лидеров этого направления можно выделить биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт молекулярной биологии и биофизики СО РАН, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Институт нейрокибернетики им. А.Б. Когана.

1.2.6. Медицинские роботы

Первый официально документированный случай использования роботизированного устройства в современной хирургии датируется 1985 годом: разработанный американскими специалистами из Memorial Medical Center (Лонг-Бич, Калифорния) автоматический манипулятор PUMA 560 (PUMA 560 Robotic Surgical Arm) был применен для нейрохирургической биопсии.

Дальнейший прогресс в области роботизированной хирургии стал возможен с появлением первых систем для проведения малоинвазивных хирургических операций. Основной спрос на манипуляторы обеспечила процедура лапароскопии — диагностический осмотр или хирургическое вмешательство на органах брюшной полости через небольшой прокол брюшной стенки.

В 1987 году была проведена первая лапароскопическая операция по удалению желчного пузыря с использованием роботизированной системы видеоконтроля.

А в 1988 году британские медики Джон Уикхем и Брайан Девис из Имперского колледжа Лондона при помощи манипулятора PUMA 560 впервые доказали возможность проведения роботизированной операции по удалению простаты. В 1990 году FDA официально одобрило использование в США коммерческой роботизированной системы контроля за точным позиционированием инструментов (Automated Endoscope System for Optimal Positioning, AESOP), разработанной компанией Computer Motion.

На ранних этапах развития возможности хирургических манипуляторов были крайне ограничены: не хватало вычислительных мощностей и пропускной способности каналов связи, а одной из ключевых проблем долгое время оставалась временная задержка между моментом отправки команд, производимым на операционном столе реальным хирургическим действием и итоговым получением визуального подтверждения этого действия на компьютерном мониторе.

Однако рост вычислительных мощностей и пропускной способности каналов связи привели к тому, что в сентябре 2001 года была проведена первая телеуправляемая трансатлантическая операция: пациенту, находившемуся в клинике Страсбурга (Франция), был успешно удален желчный пузырь группой хирургов из Нью-Йорка. В этой исторической операции использовалась первая универсальная роботизированная система Zeus, созданная в 1998 году, в состав которой входил усовершенствованный эндоскопический модуль AESOP.

Несмотря на доминирование компании Intuitive Surgical и внушительный портфель принадлежащих ей патентов, возникают новые игроки, которые стремятся занять свою нишу на рынке хирургических роботов. Основные из них:

- ♦ **MAKO Surgical** специализируется на производстве хирургических установок для ортопедических операций. Продуктами компании являются ортопедическая система RIO Robotic Arm и роботизированный комплекс MAKOplasty, при помощи которого осуществляются малоинвазивные хирургические операции по установке коленных и бедренных имплантов. В сентябре 2013 компания была приобретена за 1,65 млрд долларов США одним из лидеров мирового рынка медицинских приборов и оборудования — компанией Stryker Medica;
- ♦ **Accuray** — производитель роботизированного комплекса для лучевой терапии. Cyberknife VSI — это первая роботизированная радиохирургическая установка в мире, которая с точностью до 0,5 мм уничтожает злокачественные и доброкачественные опухоли, метастазы и другие образования посредством ионизирующего излучения. Система Cyberknife разработана специально для неинвазивных операций по удалению опухолей во всем теле человека, включая головной мозг, легкие, печень и др.;
- ♦ **Titan Medical** — канадский разработчик робота-хирурга Amadeus, который является альтернативой da Vinci Surgical System. Кроме того, компания планирует представить в 2015 году коммерческую версию своей системы SPORT (Single Port Orifice Robotic Technology) для проведения операций отоларингологами;
- ♦ **Mazor Robotics** — израильская инновационная компания, специализирующаяся на хирургии позвоночника и головного мозга. Основной продукт — комплексная

роботизированная система Renaissance, при помощи которой уже было успешно осуществлено около 5 тыс. сложнейших нейрохирургических операций на спинном мозге. В настоящее время Mazor Robotics активно работает над Renaissance Brain Surgery Robot для онкохирургии головного мозга;

- ♦ **Medrobotics** — производитель роботизированного комплекса Flex System, который отличается наличием сверхгибких «змееподобных» манипуляторов;
- ♦ **Stereotaxis** — разработчик инновационной системы магнитной навигации Niobe, которая позволяет проводить малоинвазивные операции на сердце и сосудах.

Впрочем, несмотря на столь значительный рост интереса к роботам-хирургам, по оценкам экспертов, на их долю в настоящее время приходится менее 2% от проводимых хирургических операций. Одним из важных барьеров являются высокие капитальные и, главное, эксплуатационные расходы роботизированных комплексов. Производители подобных систем требуют использования только оригинального хирургического инструмента, который имеет весьма ограниченный срок действия.

Помимо финансовых барьеров, существует целый ряд технических недостатков, в том числе довольно высокий процент аварийных сбоев и отключений аппаратуры в ходе операций. Так, в марте 2013 года FDA начало официальное расследование причин смерти 70 пациентов в ходе операций с применением систем da Vinci, что привело падению курса акций Intuitive Surgical на 25% по итогам года.

Тем не менее большинство специалистов полагает, что будущее хирургии однозначно за роботизированными комплексами. Среди основных преимуществ отмечают отсутствие усталости и высокую точность движений, удобство при проведении лапароскопии, а также меньшее число осложнений и быстрое восстановление пациентов. Перспективными направлениями использования хирургических манипуляторов являются удаление опухолей, радиохимирургия, кардиохимирургия, ортопедия, нейрохирургия и трансплантация органов.

Относительно перспектив полностью роботизированной хирургии один из разработчиков альтернативной da Vinci открытой платформы Raven Джейкоб Розен в феврале 2014 года заявил в интервью журналу Scientific American: «Пока это остается сюжетом для фантастических фильмов, а не проектом серьезных исследователей. При хирургическом вмешательстве ткани меняются непредсказуемым образом. Поэтому запрограммировать робота, чтобы он полностью заменил человека, пока невозможно».

Важной технологией для проведения роботизированных операций является навигация внутри тела пациента. В этом направлении используются различные флуоресцентные маркеры, позволяющие визуализировать пораженные ткани, например Blue 400 и Infrared 800 от Carl Zeiss. Еще одной технологией на стыке медицины и навигации является система superDimention от компании Covidien, которая используется для биопсии ткани в легких. Эта система позволяет в режиме реального времени контролировать положение зонда при бронхоскопии, обеспечивая доступ даже к небольшим новообразованиям.

Intuitive Surgical — лидер роботизированной хирургии

С конца 1980-х годов в Стэнфордском исследовательском институте (SRI International) при финансовой поддержке Министерства здравоохранения США и агентства DARPA активно развивалась научная программа, направленная на разработку «телеманипулятора», который бы позволил врачам проводить операции дистанционно, например в зоне ведения боевых действий или в космосе.

К моменту завершения финансирования этой программы в 1994 году ее авторам удалось создать первую экспериментальную версию такой системы, однако она была слишком громоздкой и не обладала необходимой для свободного хирургического манипулирования степенью подвижности. В итоге в 1995 году все патенты были проданы калифорнийской компании Intuitive Surgical, созданной для дальнейшей разработки этой перспективной технологии группой частных инвесторов из Кремниевой долины.

Специалисты Intuitive Surgical смогли за несколько лет довести прототип до полноценного коммерческого продукта, получившего название da Vinci Surgical System («Хирургическая система да Винчи»). Новая система базировалась на традиционной лапароскопической технологии, но избавилась от многих ее изъянов. В частности, она обзавелась стационарной операторской платформой-консолью, и хирург наконец мог самостоятельно контролировать работу камеры наблюдения (при помощи нажатия на специальные педали или при помощи голосовых команд). Также было улучшено качество визуализации: на экран выдавалось четкое трехмерное изображение с возможностью увеличения оперируемой зоны и изменения точки обзора. Хирургический робот-манипулятор был снабжен специальными миниатюрными механическими устройствами — «пальцами», точно повторяющими движения рук хирурга.

В 2000 году FDA выдало разрешение на проведение с помощью системы da Vinci широкого спектра хирургических (лапароскопических) операций, и в том же году компания Intuitive Surgical успешно осуществила публичное размещение своих акций на бирже NASDAQ. В 2003 году после длившейся несколько лет судебной тяжбы между Intuitive Surgical и ее главным рыночным конкурентом Computer Motion (создателем AESOP и первой в мире универсальной хирургической системы Zeus) акционеры обеих компаний договорились о слиянии. С этого момента Intuitive Surgical прочно удерживает лидерство на растущем мировом рынке роботизированной хирургии.

С момента размещения на бирже в 2000 году акции компании выросли с 9 долларов США до 470 долларов США в августе 2014 года, то есть почти на 2500%. На конец 2013 года в мире было установлено 2966 хирургических систем da Vinci, на которых проводится порядка 523 тыс. операций в год. Наиболее широкое применение системы da Vinci получили в урологии и гинекологии.

Большие перспективы для использования роботов существуют в области автоматизации процессов в больницах. Среди возможных направлений можно выделить роботизированные системы передвижения пациентов, системы удаленного присутствия, позволяющие врачам дистанционно делать обход пациентов в инфекционных отделениях, а также роботы-инфузоматы, способные проводить мониторинг состояния пациента и автоматически вводить лекарства, предписанные врачом.

Еще одним перспективным направлением является передача тактильных ощущений от сенсоров робота на устройства контроля и управления. При проведении операций хирурги зачастую ориентируются на плотность тканей, например при удалении опухолей. Получение этой информации невозможно без специальных механических устройств с обратной связью, позволяющих хирургу почувствовать сопротивление при надавливании. Одни из первых результатов в этой области были получены в 2008 году группой ученых Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, которыми был создан специальный сенсор для системы da Vinci, позволяющий хирургу оценивать упругость интересующих участков ткани. Параллельно с ними разработки тактильных сенсоров для хирургов ведет группа российских ученых из лаборатории тактильной диагностики Института человека МГУ.

1.2.7. Навигационные системы

Автопилотируемые машины

Автопилот — это программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий следование по заданной траектории без непосредственного участия человека. Автопилотами осна-



Робототехническое оборудование Mazor Robotics позволяет проводить операции на спинном мозге

щено большинство современных судов гражданской авиации, которые способны заходить на посадку и приземляться без вмешательства пилотов. Более того, в случае захвата злоумышленниками самолет может быть лишен возможности управления человеком по команде из центра управления. Современные морские суда и поезда также оснащены системами автопилотирования.

Основной проблемой автопилотируемых автомобилей остается невозможность обеспечить стабильно высокую безопасность вождения. Используемые для навигации камеры могут давать сбой в плохих погодных условиях. В результате человек должен оставаться за рулем и быть готов принять управление автомобилем на себя. «В течение трех лет мы

достигнем уровня, когда автопилот сможет принимать 90% решений самостоятельно. Тем не менее обеспечить оставшиеся несколько процентов на пути к полной автономности — это невероятно сложная задача», — заявил основатель Testa Motors Элон Маск.

В целом представители крупнейших автопроизводителей сходятся во мнении, что коммерческие версии автопилотов для легковых автомобилей будут доступны к 2020 году. Однако их использование будет неравномерным и зависеть от региона. Вождение в крупных мегаполисах в условиях плотного дорожного движения намного сложнее, чем в пригородах с развитой транспортной инфраструктурой.

Кроме того, внедрение автопилота, как и других инноваций, будет происходить сначала в верхнем ценовом сегменте, постепенно перемещаясь на более доступные классы автомобилей. Так, по оценкам экспертной компании IHS автопилот в качестве опции будет доступен по цене от 7 до 10 тыс. долларов США в 2025 году, 5 тыс. долларов США — в 2030-м и 3 тыс. долларов США — в 2035-м. IHS прогнозирует, что с 2025 по 2035 год ежегодные продажи роботизированных легковых автомобилей вырастут с 230 тыс. до 11,8 млн штук, что будет составлять 9% от мирового рынка автомобилей в натуральном выражении. Из них примерно 4,8 млн автомобилей будут полностью автономными, а в остальных автопилот будет дополнять управление водителя.

Сегодня препятствием для массового распространения автопилотируемых автомобилей в большинстве стран является законодательство. Карлос Гон, глава концерна Renault-Nissan, убежден: «Широкомасштабному внедрению автоматизированных автомобилей нужны не столько новые технологии, сколько законодательная поправка». В этом направлении постепенно появляются законодательные инициативы, позволяющие движение автопилотируемых транспортных средств. На конец 2013 года в четырех штатах США было разрешено движение автопилотируемых автомобилей при условии присутствия в машине человека. Несколько стран Европы и Сингапур разрешили проведение тестов автономных машин на дорогах общего пользования.

Беспилотные летательные аппараты

Развитие сегмента беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) также самым непосредственным образом связано с разработкой новых технологий навигации. В настоящее время БПЛА — коммерчески доступная технология, широко применяемая военными. Бизнес пока осторожно внедряет эти устройства, хотя несколько крупных компаний уже объявили о планах по использованию БПЛА. Так в декабре 2013 года глава компании Amazon Джефф Безос анонсировал создание службы экспресс-доставки Amazon Prime Air, которая будет способна обеспечить транспортировку груза до 2,2 кг при помощи октокоптеров в течение 30 минут после заказа. В августе 2014 года компания Google опубликовала информацию о разработке под названием Project Wing. В рамках этого проекта создано устройство для доставки, которое представляет собой крыло-планер с четырьмя электродвигателями и возможностью вертикальной посадки.

Стоит отметить, что используемые сейчас БПЛА беспилотными являются лишь в том смысле, что пилота нет на борту. Но устройство управляется человеком удаленно. Полностью автономные БПЛА сейчас находятся на этапе испытаний. В июне 2014 года Федеральное управление гражданской авиации США (Federal Aviation Administration, FAA) выдало первое разрешение на полеты такого устройства компании BP, эксплуатирующей самолеты AeroVironment на Аляске для мониторинга своей инфраструктуры. Тем не менее 30 сентября 2015 года истекает срок, отведенный FAA Конгрессом США, в течение которого должны быть выработаны правила интеграции гражданских БПЛА в национальную аэрокосмическую систему.

Основным направлением разработок для стандартов в области полетов БПЛА является обеспечение безопасности полетов, которое будет исключать возможность столкновений, падений в случае выхода из строя, причинения ущерба людям, машинам и зданиям. Важным элементом безопасности является исключение возможности использования беспилотных аппаратов для совершения противоправных действий, начиная от террористических актов и заканчивая вторжением в личную жизнь. Кроме того, беспилотные летательные аппараты и системы их связи не должны нарушать работу пилотируемой гражданской авиации. Согласно прогнозам FAA, к 2020 году в США будет использоваться 30 тыс. БПЛА, что требует разработки новых централизованных автоматических систем для управления ими.

Помимо разработки наземных систем продолжается работа по усовершенствованию автопилотов самих БПЛА. Генеральный директор компании Robodem Александр Ершов отмечает, что основными задачами, стоящими перед разработчиками БПЛА, остаются проблемы со связью и сложность создания алгоритмов посадки, взлета и разворота в жестких погодных условиях, например при сильных порывах ветра. Еще одной важной проблемой, по мнению основателя компании «Иноко» Дмитрия Морозова, является разработка надежных автопилотов, которые могут уберечь БПЛА от крушения при управлении неопытным оператором, что зачастую происходит на практике. Решение этих проблем будет определять, кто займет лидирующие позиции на быстро растущем рынке коммерческих БПЛА.

Навигация в замкнутых пространствах

Под системой точного позиционирования внутри помещений (Indoor Positioning System) понимают программно-аппаратный комплекс, позволяющий решать задачу определения местоположения объекта, находящегося внутри помещения, с достаточной точностью. Если задача определения местоположения пользователя или объекта вне помещений успешно решается с помощью технологий GPS, ГЛОНАСС и др., то создание системы позиционирования в реальном времени (Real-Time Location System, RTLS), способной определять координаты в зданиях или внутри шахт с высокой точностью, до сих пор остается актуальной задачей.

Технологии, используемые для позиционирования в закрытых пространствах, можно условно разделить на две группы: методы, для которых необходимо дополнительное оборудование, и методы, работающие в рамках существующей инфраструк-

туры. В первом случае для решения задачи точного позиционирования используются дополнительные устройства, располагаемые в пределах помещения и являющиеся приемниками и передатчиками какого-либо сигнала. В качестве таких передатчиков могут выступать инфракрасные лазерные передатчики, Bluetooth-маркеры, Wi-Fi или маяки; существуют передатчики сигнала, работающие на частотах, зарезервированных для телевизионного сигнала. Эти передатчики осуществляют связь с радиомаяком, находящимся у пользователя, и достаточно точно определяют его расположение.

Системы этой категории уже присутствуют на рынке. Например, крупнейший южнокорейский провайдер беспроводной связи SK Telecom представил в 2014 году систему, основанную на сетке Bluetooth-маркеров, привязанных к поэтажному плану помещения. Среди других примеров реализации технологии RTLS можно назвать системы EKANAU, Zebra Technologies и др. Все решения этого класса ориентированы на корпоративный сегмент, имеют высокую стоимость и требуют профессионального сопровождения в процессе внедрения.

Другое направление систем навигации в помещениях базируется на данных от сенсоров внутри устройства. Обычно системы этого класса используют акселерометры, информацию об уровне сигнала от Wi-Fi роутеров и других источников излучения, планы зданий, а также информацию о градиенте магнитного поля. Среди основных проблем подобных технологий можно отметить необходимость дополнительного радиочастотного картографирования. На точность позиционирования внутри зданий оказывает влияние возникновение радиотени и отраженные сигналы от металлических конструкций. Несмотря на заявляемую точность до 1 м, на практике пользователи сталкиваются с появлением «выбросов», когда устройство определяется в другом месте. По словам российских разработчиков роботизированной складской техники RoboCV, использование RTLS-технологий для навигации роботов внутри помещений пока не является достаточным решением поставленной задачи.

«Основной проблемой indoor-позиционирования является ограничение по точности любых радиотехнологий. Нужно использовать комбинацию всех доступных технологий, чтобы решить задачу точного позиционирования внутри помещений», — утверждает Руслан Будник, генеральный директор компании SPIRIT-Navigation, разрабатывающей алгоритмы для indoor-позиционирования с 2009 года.

Прогресс в области систем позиционирования будет востребован при производстве устройств, которые автономно перемещаются внутри зданий. По словам генерального директора ООО «Викрон» Романа Жукова, наличие систем позиционирования придаст импульс развитию систем удаленного присутствия. Среди прочих устройств, нуждающихся в качественных системах позиционирования, можно отметить не только роботизированную складскую технику, но и системы добычи полезных ископаемых, роботов телеприсутствия, домашних и офисных сервисных роботов, а также различные системы для внутрибольничной логистики.

Еще одной важной сферой применения технологий навигации для роботизированных систем является автоматическое картографирование помещений. В настоящее

время существуют проекты получения высокоточных 3D-моделей интерьеров при помощи компактных мобильных дальномеров. Примерами могут служить российская компания GeoCV или американская Floored. Существуют проекты построения точных моделей зданий при помощи компактных коптеров. Подобные карты необходимы автономным роботам для навигации внутри помещений, например для использования роботов во время пожара или при других внештатных ситуациях.

1.2.8. Источники питания автономных роботов

Активное развитие и внедрение беспилотных транспортных средств привело к увеличению спроса на эффективные технологические решения в области источников энергии. Наиболее остро эта проблема стоит для беспилотных летательных аппаратов, в которых к компромиссу «энергоёмкость — стоимость» добавляется еще проблема массы. В некоторых типах устройств, в том числе в миниатюрных роботах, на первый план выходит проблема недостаточной плотности энергии существующих источников. Наконец, в таких областях, как военная робототехника, принципиальное значение имеет бесшумность работы. Таким образом, развитие робототехники ставит новые конструкторские задачи в области разработки элементов питания.

Топливные элементы для летательных аппаратов

Крупные беспилотные летательные аппараты в качестве топлива используют авиационный керосин и в этом плане мало отличаются от обычных самолетов. Для БПЛА малого и среднего класса наиболее распространенным источником энергии являются литий-ионные аккумуляторы.

Основной проблемой аккумуляторных батарей для БПЛА остается низкая плотность запасаемой энергии по сравнению с традиционными авиадвигателями, работающими на керосине. Для преодоления этой проблемы разрабатываются водородные, метанольные, углеродные и алюминий-воздушные топливные элементы (ТЭ) в качестве основных или вспомогательных источников питания. К настоящему времени самыми зрелыми технологиями являются твердополимерные ТЭ на водороде. Они уже начали использоваться в ряде коммерческих моделей небольших БПЛА.

Разработки в области водородных топливных элементов для БПЛА есть и в России. Лидирующие позиции в этом направлении занимает Институт проблем химической физики РАН в г. Черноголовка. В частности, в июле 2014 года группа профессора Ю.А. Добровольского продемонстрировала систему энергообеспечения для беспилотных самолетов, разработанных Центральным институтом авиационного моторостроения им. П.И. Баранова. Отличительной особенностью системы является способность работать при низких температурах (до минус 40–60° мороза), что критично при использовании БПЛА на больших высотах, а также большая продолжительность полета.

Достаточно перспективной альтернативой водородному топливу является использование метилового или этилового спирта — как с точки зрения большей безопасности хранения, так и благодаря более простой логистике, налаженным системам производства и относительно низкой себестоимости. Топливные элементы с прямым окислением метанола (Direct Methanol Fuel Cells, DMFC), обладающие более высокой удельной энергоёмкостью по сравнению с другими видами ТЭ, по мнению многих экспертов, в будущем могут стать одним из самых эффективных источников энергии для беспилотных летательных аппаратов малых и средних классов. В борьбу за лидерство на рынке ТЭ для БПЛА уже включились многие серьезные игроки, в том числе Boeing, Israel Aerospace Industries и Ultracell.

Многие амбициозные разработки источников энергии БПЛА, которые бы обладали многодневным полетным ресурсом, до сих пор не принесли сколько-нибудь серьезных результатов. Так Министерством обороны США были свернуты проекты: Vulture (планер на солнечных батареях, рассчитанный на беспосадочный полет в течение нескольких лет), HALE-D (дирижабль на солнечных батареях), Global Observer и Phantom Eye (планеры на водородном топливе), LEM-V и Blue Devil 2 (гибридные аэростаты). Подобная участь постигла и проект БПЛА от Northrop Grumman, работающего на компактном ядерном реакторе с гелиевым контуром охлаждения.

Пока лидером по времени полета остается Zephyr — сверхлегкий аппарат с питанием от солнечных батарей, разработанный британской оборонной компанией QinetiQ. В июле 2010 года он поставил абсолютный мировой рекорд по продолжительности полета, пробыв в воздухе целых две недели. Однако, по заявлению опрошенных российских разработчиков, источники питания уже не являются главным ограничивающим фактором при эксплуатации БПЛА, особенно в трудных погодных условиях: на первый план выходят проблемы обледенения, отказа узлов и потери связи. Среди специфических требований военных к энергосистемам БПЛА можно отметить низкую температуру эксплуатации и низкий уровень шума, что делает топливные элементы наиболее перспективным источником питания, особенно для небольших разведывательных аппаратов.

Источники питания для наземных мобильных роботов

Как и в случае с летательными аппаратами, основным источником инноваций в этой области являются военные разработки. Наличие источников питания с высокой плотностью энергии критично для экзоскелетов и другой военной робототехники. Примером таких исследований могут служить проекты Strand A и Strand B компании QinetiQ, реализуемые при поддержке Министерства обороны Великобритании. В рамках этих исследований разрабатываются переносные топливные элементы на метаноле и боразане соответственно.

Наиболее перспективные исследования ведутся в области использования жидких углеводородов, которые имеют большую плотность энергии, чем аккумуляторы

и топливные элементы. Даже при 20% эффективности двигателя внутреннего сгорания плотность энергии остается в 5 раз выше, чем у цинк-воздушных топливных элементов, и в 17 раз выше, чем у литий-полимерных аккумуляторов, обеспечивая стабильное напряжение во время использования. Перспективным направлением исследований остается создание миниатюрных (порядка 1 см) роторных двигателей внутреннего сгорания.

Двигатели на традиционном жидком топливе остаются наиболее распространенным вариантом для автономных роботов. Шагающие роботы в ранних моделях BigDog использовали энергию двигателя внутреннего сгорания от гоночного карта, который приводил в действие гидравлическую систему устройства. Первые образцы были весьма шумными и не пригодными для использования в боевых операциях, поэтому позднее DARPA выделила 10 млн долларов США на доработку модели LS3, которая была избавлена от недостатков прототипа.

1.2.9. Микророботы

Работы по созданию роботов с характеристическим размером компонентов в диапазоне от 1 мкм до 1 мм относят к области микроробототехники (microbotics). Исследования в этой области начались с создания микроэлектромеханических систем (Microelectromechanical systems, MEMS), когда методы производства полупроводниковой электроники были применены для получения миниатюрных механических устройств. Примерами MEMS могут быть современные акселерометры, гироскопы, сенсоры и биочипы. Однако устройство роботов существенно сложнее устройства сенсоров, поэтому размеры микроботов пока превышают порог 1 мм.

Одним из самых компактных роботов, информация о котором находится в открытом доступе, является микроробот MARV. Это устройство было разработано в 2001 году компанией Sandia, входящей в группу Lockheed Martin, по заказу Министерства энергетики США. Робот размером порядка 2 см был способен преодолевать расстояние 50 см за минуту.

Из современных разработок можно отметить проект Jasmine — микроробот размером 30 мм. Все программное обеспечение и проектная документация этого робота опубликованы под лицензией GPL и доступны для разработчиков. Стоимость компонентов устройства составляет менее 100 евро. Еще одним примером является Kilobot — микроробот, разработанный исследовательской группой самоорганизующихся систем Гарвардского университета. Это устройство диаметром 33 мм питается от небольшой батареи. Его особенностью является оригинальная схема движения за счет вибрации в двух ортогональных плоскостях.

В настоящее время подобные разработки используются учеными для исследования механизмов группового поведения и самоорганизации автономных систем — так называемого роя роботов (swarm). Когда роботы контролируются из одного центра,

достаточно просто заставить их выстроиться в линию или в геометрическую фигуру. Однако если они предоставлены сами себе, то добиться от них кооперации и слаженных действий — это сложная задача. Данные разработки могут использоваться для управления поведением крупных роботов, включая взаимодействие военных роботов на поле боя, беспилотных летательных аппаратов или автономных транспортных средств. В будущем применение микроботов будет обусловлено их небольшими размерами, например при поиске людей под обрушившимися зданиями.

Есть свои представители микроботов и в классе летающих устройств. Так в мае 2013 года группа разработчиков из Гарвардской школы инжиниринга и прикладных наук представили устройство RoboBee, которое представляет собой летательный аппарат с размером перепончатых крыльев в 3 см. Так же, как и у настоящей пчелы, подъемная сила RoboBee создается за счет вибрации крыльев с частотой 120 Гц, приводимых в движение пьезоэлектрическим мотором. Пока робот не обладает собственным источником питания и может летать лишь с кабелем питания..

Основной трудностью при разработке микроботов в данный момент является проблема источников питания. Современные аккумуляторы имеют слишком низкую плотность энергии для использования в системах с размерами менее 1 см³. Одним из выходов является внешнее питание за счет резонансной передачи энергии. Так, роботы Jasmine не оснащены собственными батареями и могут двигаться только по специальной поверхности. Помимо индукции перспективными направлениями исследований являются передача энергии при помощи лазера или вибрации, а также использование биологических организмов, например жгутиковых бактерий, для передвижения робота в питательной среде.

В 2009 году в НИЯУ МИФИ началась разработка эндоскопической капсулы «Ландыш», позволяющей получать снимки пищевода пациента. В отличие от своего предшественника — капсулы PillCam израильской компании Given Imaging, у модели «Ландыш 4.0» появилась возможность фиксации внутри пищевода за счет расширения электроактивного полимера, что позволяет говорить о создании настоящего медицинского микробота. Развитие подобных технологий в будущем позволит проводить менее инвазивные вмешательства, например для терапии атеросклероза или для адресной доставки лекарственных средств.

Возможным применением роя микроботов в будущем может стать создание программируемой материи, которая способна изменять свои физические свойства, прежде всего форму, в зависимости от поступающей извне информации. Понятие программируемой материи возникло, чтобы описать совокупность мелких компонентов, способных взаимодействовать между собой. Развитие технологий создания микроботов, называемых claytronic atoms (от англ. clay — глина и electronic — электроника), вполне возможно, приведет к появлению веществ, способных изменять форму, цвет и другие параметры в зависимости от программы. Исследования в области программируемой материи активно финансируются агентством DARPA с середины 2000-х годов.

1.2.10. Выводы

1. Важнейшими технологическими трендами, обеспечивающими развитие рынка робототехники в краткосрочной перспективе, являются рост вычислительных мощностей, стандартизация платформ и снижение стоимости комплектующих.

2. Развитие робототехники существенно зависит от прогресса базовых технологий.

3. Прогресс в решении задач машинного зрения и понимания речи, а также применение облачных технологий позволит в краткосрочной перспективе заметно увеличить возможности искусственного интеллекта роботов. Это окажет влияние практически на все рыночные ниши.

4. Развитие протоколов связи между устройствами («Интернет вещей») приведет к распространению кооперативного поведения роботов. Наиболее востребованными эти технологии окажутся у военных, а также в бытовых устройствах.

5. Экзоскелеты и роботизированные протезы станут коммерчески доступны в ближайшее время. Основными технологическими ограничениями в этих нишах остаются источники питания и эффективность интерфейсов управления.

6. Активное развитие медицинской робототехники приведет к росту числа производителей и появлению новых типов хирургических манипуляторов, в том числе специализирующихся на выполнении отдельных операций. Универсальные хирургические роботы будут проникать в средний и нижний ценовой сегмент, в том числе в развивающихся странах.

7. В течение ближайшего десятилетия можно ожидать значительного повышения автономности транспортных средств. В первую очередь это будет способствовать прогрессу в области беспилотных летательных аппаратов, способных выполнять свои задачи практически без участия человека. Для легковых машин элементы автопилота станут коммерчески доступны до 2020 года, однако массовое использование автопилотов можно ждать не ранее 2030 года.

8. Проблема источников питания для небольших транспортных средств будет решаться за счет внедрения топливных элементов на водороде и метаноле. Крупные транспортные средства продолжают использовать традиционное топливо.

9. Развитие миниатюрных роботов в среднесрочной перспективе останется на уровне лабораторных макетов. Одной из важных проблем в этом направлении является задача энергообеспечения.

Глава 2. Факторы развития рынка робототехники



2.1. Инвестиционная привлекательность отрасли

Быстрый рост рынка сервисной робототехники дает хорошие шансы для развития инновационных компаний. Крупные корпорации не способны занять все возможные ниши, что вызывает интерес к робототехнике у новых команд разработчиков и венчурных инвесторов. Активность последних обусловлена еще и тем, что робототехника выглядит свежей и привлекательной альтернативой «перегретым» направлениями ИТ-рынка. При этом, в отличие, например, от фармацевтики, она кажется понятной для инвесторов, ранее имевших опыт работы с компаниями в области информационных технологий. Важную роль в стимулировании интереса к отрасли играют и средства массовой информации, которым робототехника предоставляет не только материал для интригующих прогнозов, но и выигрышный фото- и видеоряд.

Заметное увеличение инвестиционной активности на рынке сервисной робототехники произошло в 2012 году на фоне волны интереса к проектам создания новых типов устройств и программно-аппаратных комплексов. С этого времени наблюдается рост объема инвестиций и числа сделок с разработчиками роботов. Активизация на рынке слияний и поглощений еще больше увеличила спрос на новые проекты, для поиска которых были созданы специализированные венчурные фонды и акселераторы.

Тем не менее, несмотря на положительную динамику, пока нельзя говорить о возникновении инвестиционного бума в этой области. Анализ открытых источников показывает, что разработчики роботов привлекли в 2013 году 235 млн долларов США, что составило менее 0,5% от объема всех венчурных инвестиций (48,5 млрд долларов США) в мире. С учетом эффекта «низкой базы» можно ожидать дальнейшего расширения этой ниши рынка капитала с темпами 50% в год на протяжении двух-трех лет при условии сохранения экономического роста в США. Ухудшение ситуации на глобальных рынках способно привести к резкому снижению объемов инвестиций в новые проекты.

Основными факторами, отличающими робототехнику от других направлений ИТ и оказывающими сдерживающее влияние на отрасль, являются:

- ♦ **длительный цикл разработки.** По сравнению с созданием программного обеспечения разработка робототехники требует больше времени и средств, а также сопряжена с вовлечением множества специалистов из разных областей техники. Цикл создания продуктов в этой области пока значительно длиннее, чем при разработке веб-сервисов или мобильных приложений, что напрямую влияет на доходность инвесторов. Сложности добавляет и относительная незрелость

отрасли, под которой мы понимаем зависимость от ряда технологий, которые еще не достигли стадии коммерческой доступности;

- ♦ **высокие издержки.** Серьезные проблемы возникают при масштабировании проектов. В противоположность программному обеспечению робототехника имеет существенные предельные издержки, что не позволяет использовать модели “freemium” и “shareware” для захвата новых рынков. Еще одно отличие от разработки программного обеспечения заключается в необходимости организации производства и сервисного обслуживания;
- ♦ **потребность в специализированной инновационной инфраструктуре.** Созданные для стимулирования инновационной активности инструменты, например инкубаторы или акселераторы проектов, не подходят для разработчиков робототехники. Во-первых, рынок профессиональной сервисной робототехники обладает достаточно высокими барьерами для входа: высокая стоимость разработок, необходимость экспертного знания профильной отрасли и сложности в формировании новых рынков требуют длительной работы на уровне исследовательских лабораторий. Во-вторых, для рынка потребительских роботов требуются дополнительные компетенции, например развитые связи с производственными предприятиями. В-третьих, помимо офисных помещений необходимы хорошо оснащенные лаборатории, мастерские, испытательные центры.

При этом, несмотря на высокие темпы роста рынка сервисной робототехники, его размер остается небольшим. Если удастся сохранить темпы роста на уровне последних 10 лет, профессиональный сегмент в 2014 году увеличится на 1,15 млрд долларов США, а потребительский — на 824 млн долларов США, что в абсолютных значениях является весьма скромным показателем по меркам венчурной отрасли. За эти 2 млрд долларов США будут бороться сотни стартапов с десятками компаний, которые уже прочно стоят на ногах. Кроме того, жизненный цикл разработки роботов весьма длителен, а инвесторы предпочитают входить в проект не раньше, чем будут созданы работающие прототипы. Поэтому при сохранении динамики роста финансирования рынок в ближайшее время может столкнуться с нехваткой подходящих объектов инвестирования, а в дальнейшем — с «перегревом» и образованием венчурного «пузыря».

Далее приведем анализ моделей создания и выведения на рынок новых разработок, а также элементов инновационной инфраструктуры, способствующих развитию робототехники.

2.2. Источники технологических инноваций

Разработка и производство роботов являются более сложной задачей, чем создание программных продуктов и даже электронного оборудования. Высокие первоначальные вложения, длительный цикл разработки и высокие риски непосредственно влияют на доходность венчурных фондов, сдерживая приток инвестиций в этом направлении. Вместе с тем накопление критической массы базовых технологий,

удешевление компонентов и новые возможности в области прототипирования ведут к повышению активности разработчиков новых моделей роботов.

2.2.1. Барьеры новых проектов

С одной стороны, робототехника базируется на результатах множества областей науки и техники, многие из которых еще не достигли стадии коммерческой зрелости. С другой — роботы могут применяться для решения широкого спектра самых разных задач. Такой характер отрасли определяет внутреннюю логику ее развития и основные барьеры на пути появления новых разработок. Остановимся подробнее на наиболее значимых проблемах.

Сложность прикладных научно-технических задач, сдерживающих развитие робототехники. Робототехника — это одно из направлений высоких технологий, тесно связанное с точным машиностроением и спецификой областей применения, например хирургии или металлостроения. Разработка роботов во многом зависит от прогресса сопутствующих базовых технологий. При этом масштаб робототехники несопоставим со сложностью проблем, от решения которых зависит ее развитие. Примерами подобных задач могут служить системы точного позиционирования, технологии машинного зрения, биомеханические устройства, искусственный интеллект. Прорывные достижения в ключевых технологиях придают импульс развитию роботов. Так, появление спутниковой навигации, доступных лидаров и рост вычислительных мощностей сделали возможным создание автономных машин, а массовое производство литиевых аккумуляторов, мощных электромоторов и автопилотов привели к возникновению коптеров.

Междисциплинарность робототехники требует не просто сочетания науки и промышленности, а активного вовлечения специалистов из различных областей знания в реализацию совместных проектов. Наиболее эффективным инструментом реализации такой кооперации являются технологические кластеры — районы географической концентрации большого числа компаний и научных организаций различного профиля. Подобные экосистемы возникли в США за счет развития исследовательских лабораторий, финансируемых из правительственных грантов, а также множества частных инженерных компаний, привлекающих заказы от Министерства обороны США. В Европе такая работа ведется в основном на базе университетов, получающих финансирование в рамках европейских программ. В Азии разработки осуществляются на базе университетов при участии крупных финансово-промышленных групп.

Необходимость активного вовлечения потенциальных заказчиков. Прикладной характер задач робототехники требует участия специалистов из профильных областей: от нейрохирургии до саперного дела, от авиастроения до лингвистики и т.д. Необходимость координации деятельности подобных команд существенно усложняет задачу создания новых востребованных продуктов.

Незрелость базовых технологий, требующихся создателям роботов, выражается в том, что им зачастую приходится заниматься непрофильными задачами, в отличие от разработчиков программного обеспечения, которые могут лицензировать готовые решения.



В процессе разработки мобильных манипуляторов компания KUKA создала робот Youbot с пятью степенями свободы

В результате в сегменте профессиональной сервисной робототехники жизненный цикл разработки нового устройства может занимать больше десятка лет. Так, применение робота-хирурга da Vinci было одобрено более чем через 10 лет после начала работ в этом направлении. Другим примером может служить эволюция модели легких манипуляторов KUKA, первое экспериментальное поколение которых было представлено в 1991 году, а ограниченные коммерческие поставки начались лишь в 2008-м.

2.2.2. Роль крупных компаний в разработке технологий

Активность крупных корпораций в разработке роботов до недавнего времени ограничивалась инновациями, позволяющими совершенствовать их собственные базовые продукты в сегментах промышленных манипуляторов и военных автономных устройств. Причиной этого является узость остальных рыночных ниш, не позволяющая компаниям окупать разработки с учетом всех рисков. Поэтому основным механизмом трансфера технологий для корпораций оставалось поглощение небольших компаний, обладающих востребованным на рынке продуктом. Ситуация изменилась в 2013 году с приходом на рынок сервисной робототехники лидеров ИТ-рынка, включая Google и Amazon, которые не только активно покупают разработчиков, но и анонсировали собственные проекты по созданию новых моделей роботов.

Область исследований крупных компаний обычно жестко ограничена наиболее успешными продуктами либо несколькими перспективными направлениями. Распространенным механизмом разработки новых технологий для корпораций является сотрудничество с университетскими лабораториями, которое финансируется за счет государственных грантов. Наиболее характерно такое взаимодействие для европейских производителей роботов. Например, в масштабной программе Европейской комиссии euRobotics предполагается участие 180 компаний и исследовательских организаций. В их числе есть и крупные компании, например KUKA реализует проекты совместно с Технологическим институтом Карлсруэ или Рейнско-Вестфальским техническим университетом Ахена при поддержке Федерального министерства образования Германии, Германского центра авиации и космонавтики, а также программ Европейского союза.

В США десятки разработчиков роботов ежегодно получают поддержку по программе SBIR (Small Business Innovation Research). Более крупные компании, например iRobot, Boston Dynamics или AeroVironment, заключают контракты на разработку перспективных моделей вооружений напрямую с государственными заказчиками. Азиатские производители в большей степени полагаются на ресурсы своих финансово-промышленных групп. Например, японский производитель роботов Yaskawa самостоятельно занимается только разработкой новых моделей, тогда как перспективные технологии развиваются на базе корпоративной исследовательской лаборатории в Университете Цукуба.

ABB

Компания ABB была создана в 1988 году путем слияния швейцарской ASEA и шведской BBC. Производство роботов не является основным направлением деятельности компании, тем не менее ABB входит в четверку крупнейших производителей промышленных манипуляторов.

- В 1833 году была создана компания ASEA, занимавшаяся электрическим освещением и генераторами.
- В 1891-м образована шведская компания Brown, Boveri & Cie (BBC), которая производила двигатели, генераторы и паровые турбины.
- В 1974 году ASEA выпускает IRB 6 — один из первых электрических промышленных роботов для сварки, управляемых при помощи микрокомпьютера.
- В 1980–1990-х годах группа приобрела несколько компаний (преимущественно в США) по производству роботов для автомобильной промышленности.
- Сегодня ABB является крупнейшим производителем систем силовой электроники и автоматики; ее выручка в 2013 году составила 41,8 млрд долларов США.

Собственные разработки

Группа ABB активно занимается НИОКР, чтобы стимулировать развитие ключевых для ее деятельности технологий. Общий бюджет на исследования и разработки в 2013 году составил 1,47 млрд долларов США. Инструментами технологического развития корпорации служат:

- корпоративные исследовательские центры в Китае, Германии, Индии, Польше, Швеции, Швейцарии и США. Из 150 тыс. сотрудников ABB 8 тыс. занимаются НИОКР;
- глобальные исследовательские лаборатории по девяти ключевым направлениям: связь, управление, электромагнетизм, материалы, механика, энергетическая электроника, сенсоры, программное обеспечение, переключатели и реле;
- сотрудничество с 70 ведущими инженерными вузами. ABB ежегодно предоставляет гранты в размере от 50 до 80 тыс. долларов США на реализацию 40 университетских исследовательских проектов;
- технологические инкубаторы — подразделения в рамках глобальных лабораторий, призванные развивать новые направления исследований. В 2014 году было создано два первых инкубатора: в области электроники и в области производственных технологий.

Анализ направлений разработок ABB показал, что в области робототехники компания фокусируется на промышленных манипуляторах и не заинтересована, в отличие, например, от компании KUKA, развивать направление сервисной робототехники.

Корпоративный венчурный фонд

Фонд ABB Technology Ventures (ABB TV) инвестирует от 1 до 20 млн долларов США в компании, обладающие интеллектуальной собственностью и прототипами продуктов в близких к основному

бизнесу ABB областях. К сфере интересов фонда относятся: «умные» сети, кибербезопасность, энергия ветра и океана, зарядка электромобилей и технологии энергоэффективности для центров обработки данных. В процессе работы команда фонда изучает до тысячи заявок в год, отслеживая появление новых технологий в энергетике.

Корпоративный венчурный инвестиционный фонд ABB является важным элементом получения доступа к технологиям, которые могут повлиять на развитие бизнеса компании. Всего с момента создания фонда в 2009 году по август 2014 года было закрыто 13 сделок. Робототехника не является приоритетным направлением инвестирования. Однако в числе проинвестированных компаний есть Persimmon Technologies — производитель вакуумной робототехники для электронной промышленности и разработчик технологий создания миниатюрных электродвигателей. В марте 2014 года эта компания закрыла раунд В на 14 млн долларов США от ряда инвесторов, включая ABB TV, Intel Capital и др.

Механизм слияний и поглощений

Другим инструментом развития группы ABB является приобретение технологических компаний. В 2010–2013 годах ABB был совершен ряд крупных покупок на общую сумму 10 млрд долларов США. Как и в случае с инвестициями, ABB отдает предпочтение сделкам по поглощению энергетических компаний, способных дать большой экономический эффект с учетом профиля основного бизнеса. Примечательно, что политика поглощений, проводимая CEO компании Джо Хоганом, была отрицательно оценена акционерами из-за сложности интеграции этих компаний в основной бизнес ABB. Основные приобретения в области робототехники были сделаны в 1980–1990-е годы. В настоящее время ABB самостоятельно занимается разработкой промышленных манипуляторов и комплектов.

Пример компании ABB показателен с точки зрения отношения корпораций к разработке новых технологий.



Компания ABB

Промышленный робот ABB для нанесения краски

Крупные компании фокусируются на продуктах, которые ориентированы на большие сформировавшиеся рынки. Если в какой-то области формируется новый перспективный сегмент, то корпорации предпочитают получить контроль над одним из лидеров, интегрировав его рыночное предложение в свою систему продаж и поддержки. За счет подобных поглощений обеспечивается ликвидность для венчурных инвесторов, готовых принимать риск развития компаний на ранних стадиях. Такая практика характерна для американских и европейских компаний. Азиатские игроки еще менее склонны к риску, инвестируя в доработку своих базовых продуктов и копирование успешных моделей. С учетом этого можно констатировать, что в развитии новых технологий в робототехнике основную роль играют малые и средние предприятия.

Альтернативным механизмом получения новых технологий для крупных компаний является использование корпоративного венчурного фонда. Наиболее известными примерами среди подобных структур являются фонды ABB Technology Ventures и Robert Bosch Venture Capital. Помимо покупки долей в перспективных компаниях корпоративные венчурные фонды позволяют следить за деятельностью большого количества новых игроков, возникающих на рынке. Однако на практике наиболее важную роль при диверсификации бизнеса крупных корпораций играет поглощение небольших компаний, занимающихся разработкой продуктов, которые уже подтвердили свою востребованность у покупателей.

Среди приоритетов развития производителей промышленных манипуляторов можно выделить такие сегменты, как производство ко-ботов, профессиональных сервисных роботов и роботов для малого бизнеса. Особенный интерес представляет медицинское приборостроение, в котором сохраняется высокая маржа, также востребованы передовые технологии промышленной робототехники, включая системы машинного зрения, манипуляторы для захвата и различные сенсоры.

2.2.3. Становление малых и средних компаний

Ключевую роль в развитии сервисной робототехники играют малые и средние инновационные компании. В отличие от промышленных гигантов они обладают большей гибкостью и способны обслуживать небольшие, только формирующиеся ниши рынка. Ключевыми источниками появления новых разработок для малых компаний являются исследовательские центры и университеты, сотрудниками которых зачастую и создаются инновационные предприятия. Существуют некоторые исключения, например Liquid Robotics или Kiva Systems, которые были созданы с нуля для решения прикладных задач. Однако большинство компаний базируется на результатах длительных исследований в научных центрах.

Основная проблема превращения перспективных идей в коммерческих роботов — наличие команд инженеров и предпринимателей, способных и мотивированных заниматься созданием новых продуктов. Это ключевое ограничение действует не только в робототехнике, но и в большинстве технологических стартапов. Важным аспектом этой проблемы является наличие долгосрочного финансирования. В случае робототехники эта проблема особенно остра по причине длительного жизненного цикла разработки продукта. Поэтому важнейшую роль в стимулировании развития рынка играет государственная поддержка проектов, которая подробно рассматривается в главе «Зарубежный опыт государственной поддержки развития робототехники», а также инновационная инфраструктура. Вторую по значимости роль играет венчурное финансирование, позволяющее завершить разработку и вывести новый продукт на рынок. Этот механизм подробнее рассмотрен ниже.

2.3. Объекты инновационной инфраструктуры

В силу обозначенных выше сложностей робототехника пока отстает от смежных направлений, например от рынка потребительской электроники. Интерес инвесторов

сдерживается высокими рисками и сравнительно низкой ожидаемой доходностью в случае самостоятельной разработки базовых технологий. Ведущую роль в стимулировании отрасли способно играть только государство, обеспечивая за счет финансирования НИОКР снижение издержек и повышение инвестиционной привлекательности проектов.

Однако не стоит переоценивать роль государственных регуляторов и институтов развития в становлении робототехники. В силу того, что реализация каждого проекта связана с вовлечением большого числа разных участников, в «ручном режиме» можно собрать лишь несколько проектов. Для достижения значимых результатов в среднесрочной перспективе требуется системная работа, которая заключается в создании условий, при которых частные инвесторы и управляющие компании объектов инновационной инфраструктуры смогут окупать свои затраты и развиваться, обеспечивая запуск сотен новых компаний в области робототехники.

Для развития любой отрасли важно существование институциональной среды, которая делает возможным вывод новой технологии на рынок. Инновационная инфраструктура для проектов в области робототехники обладает рядом принципиальных отличий. Рассмотрим подробнее задачи и бизнес-модели работы наиболее эффективных ее элементов.

2.3.1. Бизнес-инкубаторы

Вместе с ростом интереса инвесторов к робототехнике с 2012 года начали возникать специализированные бизнес-инкубаторы для проектов в сфере создания приборов и аппаратных комплексов, включая роботизированные системы.

Бизнес-инкубаторы появились в США в середине прошлого века. В эпоху неоконсервативной политики 1980-х они получили широкое распространение в Западной Европе как инструмент развития экономически депрессивных регионов. На волне интереса инвесторов к информационным технологиям в конце 1990-х годов было создано множество частных бизнес-инкубаторов, большинство из которых, однако, оказались не способными пережить «крах доткомов». С момента восстановления высокотехнологичного сектора США в 2005 году наблюдается ренессанс интереса к бизнес-инкубаторам во всем мире, подогреваемый историями успеха таких площадок, как YCombinator, TechStars и др.

Для коммерчески успешных бизнес-инкубаторов в США характерна модель розничной сдачи в аренду площадей. Частные инкубаторы, такие как RocketSpace в Сан-Франциско, NestGSV в Кремниевой долине, Cambridge Innovation Center в районе Бостона, зарабатывают на том, что арендуют площади оптом, а сдают в аренду маленькими частями по высокой цене. Для компаний, которые являются резидентами инкубаторов, это выгодно, поскольку в абсолютном выражении они все равно платят меньше, чем стоит аренда самого маленького офиса, доступного на рынке.

Классические инкубаторы бизнеса чаще всего рассчитаны на проекты в сфере информационных технологий. Поскольку для разработки программного обеспечения не требуется какой-то специальной инфраструктуры, кроме компьютеров и доступа в Интернет, физически инкубаторы представляют собой офисные помещения в формате open-space с несколькими выделенными для переговоров зонами. Однако для разработки приборов, устройств и тем более роботов этого недостаточно. Специализированные инкубаторы представляют собой скорее лаборатории, в которых офисное пространство занимает небольшую часть. Поскольку разработка практически всех современных устройств связана с электроникой, необходимы рабочие места, оборудованные для пайки и тестирования, а также широкая номенклатура электронных компонентов. Важную роль при разработке устройств играет промышленный дизайн, поэтому основателям требуется доступ к оборудованию для цифрового производства прототипов. Наконец, огромную роль играют люди, обладающие опытом производства и готовые консультировать разработчиков.

Инкубаторы для проектов, связанных с разработкой устройств, в том числе роботов, нуждаются в соответствующей инфраструктуре, что негативно сказывается на их рентабельности. В настоящее время специализированные инкубаторы существуют в основном при венчурных фондах: например, инкубатор Lemnos Labs в Сан-Франциско предоставляет сравнительно большое финансирование для проектов на стадии идеи — до 250 тыс. долларов США. Среди резидентов этой площадки довольно много разработчиков роботов: от создателей платформы для управления БПЛА AirWare до Momentum Machine — производителя роботов, способного приготовить гамбургеры для ресторанов быстрого питания. Бизнес-модель Lemnos Labs построена на том, что основатели создали венчурный фонд объемом 20 млн долларов США для финансирования резидентов и покрытия операционных расходов за счет вознаграждения управляющим (management fee).

В настоящее время нельзя говорить о том, что специализированные инкубаторы в сегменте робототехники окупаются. Они были созданы только в 2012 году, и этап продажи долей в проинвестированных проектах пока не наступил.

Bolt.io

Одним из первых hardware-инкубаторов является Bolt.io, созданный летом 2012 года в Бостоне. Основателями площадки выступили промышленный дизайнер Бен Айнштайн, венчурный инвестор Аксель Бишара и бывший вице-президент по инжинирингу компании iRobot Скотт Миллер. Для запуска проекта они привлекли финансирование в объеме 3,9 млн долларов США от разработчика AutoCAD компании Autodesk, производителя компьютерной периферии Logitech, венчурного фонда Grishin Robotics и ряда частных инвесторов. Помимо стратегических инвесторов компания имеет договоренности с другими инфраструктурными партнерами. Например, резиденты инкубатора могут бесплатно или с большой скидкой летать самолетами American Airlines, пользоваться веб-сервисами Amazon или услугами партнерской юридической фирмы.

Bolt.io предоставляет своим резидентам современный цех для прототипирования, включая:

- ◆ токарные и фрезерные станки с ЧПУ;
- ◆ станок для раскроя и гибки металла;
- ◆ рабочие места, оборудованные для пайки;
- ◆ станок для раскроя фанеры и пластика;
- ◆ экструзионные и стереолитографические 3D-принтеры;
- ◆ оборудование для литья уретановых моделей;
- ◆ рабочие места для компьютерного проектирования;
- ◆ доступ к скидкам производственных партнеров инкубатора;
- ◆ специалистов-технологов, которые умеют пользоваться всем указанным оборудованием.

Создатели Bolt.io потратили примерно 1 млн долларов США на оборудование своей площадки.

Переосмыслив подход Пола Грэма к быстрому прототипированию ИТ-продуктов, который обусловил успех YCombinator, создатели Bolt.io ориентируются на быстрое прототипирование физических объектов, устройств и систем. При этом в их подходах присутствуют существенные различия, поскольку проекты в области аппаратных комплексов зачастую сложнее, требуют не только навыков программирования, но и работы инженеров-конструкторов, промышленных дизайнеров и специалистов по массовому производству. Поэтому, например, время пребывания компании в инкубаторе Bolt.io составляет не три-четыре месяца, а минимум 6–12 месяцев. Еще одно важное различие в подходах обусловлено сложностью передачи разработки в серийное производство. Поскольку это требует проверенных партнеров и систематической работы с поставщиками из других стран, менторы и сотрудники инкубатора помогают командам избежать наиболее распространенных ошибок.

Компании, присутствующие в портфеле инкубатора Bolt.io, работают в к сфере потребительской электроники и нацелены в основном на массовый рынок. Типичным примером резидента может служить разработчик дистанционно управляемых кормушек для животных компания PetNet, которая привлекла инвестиции от Grishin Robotics. Другим выпускником инкубатора является компания Understory (англ. «подлесок»), которая привлекла 1,9 млн долларов США на развитие сети метеорологических датчиков.

Инкубатор существует только два года, и всерьез говорить об успехах еще рано. Но в условиях конкуренции с другими объектами инновационной инфраструктуры Бостона, на фоне новостей об уходе с рынка инкубатора Dogpatch Labs Cambridge в конце 2013 года, Bolt.io расширяет прием новых резидентов, а его выпускники привлекают следующие раунды инвестиций. Пока можно сделать заключение, что Bolt.io определенно нашел свою нишу среди инкубаторов Новой Англии.

Необходимой составляющей успеха любой инфраструктурной площадки является привлечение к ее созданию и управлению ею людей, которые имеют практический опыт развития подобных компаний. С точки зрения компетенции основатели (инженер, дизайнер и венчурный инвестор) Bolt.io прекрасно дополняют друг друга. Понимая, с какими трудностями сталкиваются компании на ранних этапах, они способны правильным образом организовать работу в акселераторе и привлечь менторов, существенно повышающих эффективность проектов.

Должно пройти еще три-пять лет, прежде чем даже на таком ликвидном рынке, как в США, будет накоплена критическая масса проектов, которая позволит судить о доходности бизнес-модели подобных инкубаторов. Тем не менее услуги подобной инфраструктуры востребованы разработчиками устройств, особенно в сегменте потребительской робототехники.

2.3.2. Бизнес-акселераторы

Практически одновременно с инкубаторами в 2012 году возникли и акселераторы для проектов в области приборостроения, потребительских устройств и аппаратных комплексов. Их программы учитывают особенности развития подобных компаний, поэтому участие в них становится все более востребованным, в особенности среди разработчиков потребительской робототехники.

Акселераторы технологических компаний появились как результат эволюции бизнес-инкубаторов. Классической моделью бизнес-акселератора является программа

Innocnn

Начиная с 2012 года идея создания hardware-инкубаторов стала популярной среди инвесторов и корпораций, связанных с технологическим бизнесом. Однако при разработке концепции подобной площадки важно ориентироваться на предпринимателей, которые будут пользоваться этой инфраструктурой. Как пример не совсем удачной инициативы стоит отметить корпоративный инкубатор Innocnn в Пекине. Эта площадка принадлежит дочернему предприятию тайваньской Foxconn, которая является крупнейшим контрактным производителем электроники в мире. На фабриках Foxconn производится продукция для Apple, Sony, Microsoft, Google, Amazon, Dell, Huawei и других лидеров индустрии информационных технологий.

Рост интереса к hardware-стартапам побудил Foxconn обратить внимание на этот сектор. Как заявил представитель корпорации Джек Линь, открывавший инкубатор в мае 2014 года, «я не знаю, где появится следующий Лей Цзюнь (основатель китайского производителя смартфонов Xiaomi), поэтому мы внимательно следим за этим трендом». Внутри инкубатор Innocnn представляет собой отремонтированные помещения по соседству с цехом, в котором раньше собирались телефоны Nokia. По свидетельству журналистов, приглашенных на открытие инкубатора, за исключением стилизованного изображения Стива Джобса на стене ничто не напоминает о предпринимательской активности, атмосфере технологического творчества и возможного коммерческого успеха. Вместо этого пустые офисные столы, проход в другие части здания лишь в сопровождении сотрудников и корпоративные правила работы, что резко контрастирует с обстановкой креатива и безграничной свободы в наиболее успешных инкубаторах. За три месяца работы у Innocnn так и не появилось официального сайта. Возможно, по мере развития все эти негативные особенности будут преодолены. В противном случае мы получим яркий пример конфликта корпоративной и предпринимательской культур, который, к сожалению, часто возникает и в российской практике.

YCombinator, базирующаяся на принципах, сформулированных в эссе его основателя Пола Грэма «Как запустить стартап?» в 2005 году. Согласно ему ключевыми факторами успеха любой компании на раннем этапе являются:

- ♦ **хорошие команды:** на программу отбирают несколько процентов заявок;
- ♦ **создание востребованного продукта:** программа построена вокруг прототипирования и получения обратной связи от первых пользователей;
- ♦ **жесткая экономия ресурсов:** развитие продуктов с открытым кодом, современные языки программирования, рост вычислительных мощностей и широкополосного доступа в сеть радикально снижают издержки на разработку прототипов веб-сервисов.

Нарушение одного из этих принципов — основная причина провала подавляющего большинства стартапов. В то же время если эти законы соблюдаются, то статистическая вероятность возникновения успешных компаний из множества проектов достаточно высока.

Бизнес-акселератор — ограниченная во времени программа развития компании, направленная на поиск клиентов и разработку первой версии продукта.

Зачастую акселерационные программы проводятся на базе бизнес-инкубаторов. Грань, которая разделяет эти операционные модели инфраструктурных площадок, весьма условна. Так, Bolt.io, по сути, предоставляет и площадку для инкубирования, и акселерационную программу, хотя основатели называют его посевным фондом, принимающим активное участие в развитии портфельных компаний.

Классическая бизнес-модель акселератора аналогична модели посевного фонда. За счет опыта основателей, успеха выпускников и репутации привлеченных менторов проводится набор участников акселерационной программы. При собеседовании отбирается несколько процентов заявок, которые принимаются на программу. На входе команды получают посевное финансирование в объеме от 20 до 50 тыс. долларов США в обмен на миноритарную долю в проекте. Для каждой компании устанавливаются цели, которых необходимо добиться за время пребывания в акселераторе. После трех-четырёх месяцев работы проекты представляются инвесторам, привлекают следующий раунд и далее развиваются самостоятельно.

Доходная часть акселератора формируется за счет продажи долей в стартапах. Учитывая очень ранний этап, на котором акселератор входит в капитал компаний, время до получения дохода может составлять пять-семь лет. Поэтому частные акселераторы обычно готовы к плановым убыткам в течение всего этого времени и резервируют средства на их покрытие. В российской практике встречаются программы, которые инвестируют проекты, но часть денег оставляют у себя в качестве платы за образовательные или консультационные услуги, что позволяет покрывать текущие издержки на аренду помещений и заработную плату сотрудников.

Альтернативной моделью финансирования деятельности акселерационных программ является наличие спонсора, который берет на себя операционные расходы. Такая модель характерна для корпоративных (акселератор BizSpark, реализуемый TechStars при поддержке Microsoft), государственных (Фонд Развития Интернет-Инициатив в России) или университетских акселераторов (например, Портлендский государственный университет). Еще одной возможностью для устойчивого развития акселерационных программ является волонтерство команды организаторов. По такому принципу построен один из наиболее известных конкурсов студенческих инновационных проектов MIT 100 тыс. долларов США. Этот конкурс организуется ежегодно командой примерно из 50 студентов-волонтеров.

Начиная с 2012 года модель специализированных акселераторов получила широкое распространение и в других странах. Среди прочих стоит упомянуть HAXLR8R

Акселератор Highway One

Примером корпоративной инфраструктурной площадки, сфокусированной на переходе к массовому производству инновационных продуктов, является Highway One. Этот акселератор hardware-компаний был запущен в Сан-Франциско в июне 2013 года. Основателем проекта выступила международная компания PCH International, специализирующаяся на контрактном производстве потребительских товаров в Китае. Основанная Кейси Лайамом в 1996 году, компания располагает 10 офисами в США, Китае, Южной Корее, Японии, Южной Африке и Ирландии. Своими контрагентам PCH International предоставляет комплексные услуги от разработки продукта до поставки готовых партий товара.

Для компании PCH International это возможность создать уникальные продукты, которые будут затем тиражированы с использованием инфраструктуры материнской компании. Для своих резидентов Highway One предлагает:

- ♦ четырехмесячную акселерационную программу;
- ♦ доступ к оборудованию для прототипирования общей стоимостью 3 млн долларов США;
- ♦ содействие профессиональных инженеров и технологов в разработке продукта;
- ♦ двухнедельный модуль в Шэньчжэне с погружением в производственную экосистему;
- ♦ посевное финансирование (в среднем 50 тыс. долларов США за 5%);
- ♦ доступ к инвестиционному сообществу Кремниевой долины;
- ♦ менторскую поддержку со стороны технологических лидеров в области электроники.

Команда акселератора состоит из семи человек, включая менеджеров, инженеров и специалиста по связям с общественностью. Ежегодно проводится два набора компаний: осенью и весной. 18 июня 2014 года состоялась итоговая презентация проектов второго набора, и общее число компаний-выпускников возросло до двадцати трех. Программы Highway One открыты не только для американских граждан: для участия в первых двух акселераторах были приняты 50 человек из семи стран мира. Площадка ориентирована прежде всего

на бытовую электронику вроде камеры на липучке для съемки селфи или кухонных весов, интегрированных с кулинарным приложением в iPad. На август 2014 года выпускниками было собрано более 1 млн долларов США в качестве краудфандингового финансирования и привлечено более 20 млн долларов США в качестве венчурных инвестиций.

Одним из выпускников второго набора Highway One стала основанная двумя молодыми австралийскими инженерами компания ModBot, занимающаяся разработкой доступных и высококачественных манипуляторов. Концепция продукта заключается в производстве стандартных компонентов: сервоприводов, соединений и рычагов, из которых потребитель может собрать необходимую ему конфигурацию манипулятора. Среди возможных применений ModBot называются и подвесы для камер, и кресла для автосимуляторов, и протезы нижних конечностей. Продукт ориентирован в первую очередь на энтузиастов роботостроительных технологий, исследователей и образовательные учреждения. Однако предполагается, что по мере роста популярности он будет востребован малым бизнесом для решения производственных задач: в нише между любительскими устройствами за 100 долларов США и самыми дешевыми промышленными манипуляторами ценой от 20 тыс. долларов США.

Стоит отметить, что для России развитие производственной кооперации с зарубежными предприятиями также является актуальной задачей. Поэтому наличие надежных партнеров на этапе перехода к массовому производству — это важное конкурентное преимущество акселераторов. Так, среди своих сервисов для резидентов казанский инкубатор Navigator Campus отмечает возможность быстрого запуска производства в Китае. Еще одним инфраструктурным объектом, близким по идеологии к Highway One, является московская дизайн-лаборатория Neurolabs. Эта площадка уже сегодня готова допускать инженеров-энтузиастов к работе на собственном оборудовании. А партнеры Neurolabs из компании DP Technologies могут содействовать предпринимателям в размещении контрактов на производство в Китае. В перспективе не исключено проведение акселерационных программ на базе этой лаборатории.

(произносится "haccelerator") в Шэньчжэне и Hardware.co в Берлине. При этом необходимо понимать, что эти элементы инфраструктуры решают достаточно узкую задачу и не способны в отрыве от других инструментов оказать значимое влияние на развитие рынка. Основная задача инкубаторов и акселераторов — это создание десятков команд, которые начинают работу по созданию продукта. Без финансирования перспективных научных исследований и дальнейшей поддержки лидеров, добившихся решения задач на своем уровне, за счет венчурного финансирования или адресной государственной поддержки, создаваемые в рамках акселераторов продукты будут находиться на низком технологическом уровне и вряд ли смогут конкурировать на мировом рынке. С другой стороны, без создания критической массы опытных предпринимателей и инженеров, работающих вместе и мотивированных на создание новых продуктов, развитие коммерческой робототехники попросту невозможно.

2.3.3. Лаборатории инновационного творчества

Пока частные инкубаторы ищут устойчивую бизнес-модель, позволяющую окупать инфраструктуру для прототипирования, появляются организации, которые подходят к процессу разработки технологии с противоположенной стороны. Если для инновационной инфраструктуры первичным является коммерциализация результатов исследований, то для лабораторий инновационного творчества ценность имеет непосредственно сам процесс проектирования и создания новых продуктов. Подобный подход оказался плодотворным с точки зрения экономии ресурсов, развития среды и вовлечения новых участников в сообщество разработчиков. Этот процесс имеет важное значение для развития робототехники, невозможной без талантливых инженеров.

Одной из устойчивых бизнес-моделей таких лабораторий являются самофинансируемые сообщества энтузиастов роботостроительных технологий, называемые хакспейсами (от английского HackerSpace — место, где собираются хакеры). Никакого отношения к кибермошенникам это понятие в данном случае не имеет. Под хакерами понимаются инженеры, программисты и ученые, которые являются ведущими специалистами в своих областях, вникают в тонкости работы различных электронных систем и получают удовольствие от технологического творчества. Более всего хакспейсы похожи на центры научно-технического творчества для тех, кому за 30 лет.

Они получили широкое распространение в крупных городах по всему миру. На начало августа 2014 года зарегистрировано 186 активных хакспейсов в США, 217 — в Европе, 22 — в Юго-Восточной Азии. Среди наиболее известных организаций — Resistor в Нью-Йорке, NoiseBridge в Сан-Франциско, HACCDC в Вашингтоне, Metalab в Вене, c-base в Берлине и др.

Еще одним примером развития среды являются лаборатории Fab Lab (от Fabrication Laboratory). Основателем движения Fab Lab стал профессор MIT Media Lab Нил Гершенфельд, который сформулировал тезис перехода к цифровому производству и занялся популяризацией идеи сделать его доступным для людей во всем мире. Согласно официальной статистике Fab Foundation — некоммерческой организации, которая объединяет подобные лаборатории, к августу 2014 года было создано уже 343 Fab Lab, пять из которых находятся в России.

Доходная часть бюджета Fab Lab формируется за счет комбинации средств из следующих источников:

- ◆ спонсорские пожертвования;
- ◆ государственные гранты и финансирование образовательных программ;
- ◆ взносы за обучение в лаборатории в составе групп;
- ◆ плата за пользование оборудованием и расходными материалами;
- ◆ выручка от выполнения сторонних заказов на имеющемся оборудовании.

Подобная инфраструктура не оказывает прямого влияния на отрасль производства роботов в краткосрочной перспективе. Тем не менее вовлечение молодежи в научно-

Pumping Station: One

Типичным примером хакспейса является Pumping Station: One (PS:One). Эта некоммерческая организация появилась в Чикаго в 2009 году в качестве лаборатории, где каждый член сообщества мог бы работать над своими проектами. Сегодня PS:One насчитывает уже более 200 членов. Для своей деятельности они арендуют здание площадью 560 м². Внутри оно имеет несколько оборудованных мастерских и общее пространство, где проходят собрания группы, а также кухню и зону для отдыха. Деятельность организации заключается в реализации совместных проектов — от запуска сканирующего электронного микроскопа в домашних условиях до разработки модной арфы собственной конструкции. Одним из интересных проектов сообщества стала разработка небольших электромобилей стоимостью до 500 долларов США. Этот проект дал старт национальным гонкам Power Race Series, в которых сегодня принимают участие 67 команд из разных штатов.

Деятельность сообщества не ограничивается опытно-конструкторскими работами, но также включает обучение новых членов и совместное проведение досуга. Основным источником дохода организации являются членские взносы. Полное членство стоит 70 долларов США в месяц, ограниченное — 40 долларов США в месяц, но без возможности участвовать в самоуправлении организацией. Помимо взносов участников деятельность PS:One поддерживается за счет спонсорства общественной организации The School Factory, занимающейся развитием новых форм обучения. Поскольку юридически PS:One является некоммерческой организацией: все поступления расходуются на аренду помещения и реализацию одобренных ее членами проектов.

техническое творчество является залогом конкурентоспособности следующих поколений инженеров. По словам основателя компании DEKA Дина Камина, «подростки мечтают стать звездами баскетбола, зарабатывающими миллионы. Но это нереалистично даже для 1% из них. В отличие от тех, кто мечтает стать учеными или инженерами». Создание «историй успеха» и «социальных лифтов» в сфере инжиниринга является важным для стимулирования развития высокотехнологических отраслей в долгосрочной перспективе.

2.3.4. Конкурсы инновационных проектов

Подобно тому как хакспейсы являются некоммерческим аналогом инкубаторов, конкурсы инновационных проектов в какой-то степени предлагают альтернативу частным акселерационным программам. Основной задачей конкурсов является вовлечение новых участников в экосистему разработчиков, а также стимулирование прогресса в технологиях.

Соревнования в области робототехники

Повышение интереса к решению актуальных технологических задач путем порождения духа соревнований — эффективный механизм развития отрасли. Этот подход

широко используется даже государственными агентствами США. Ярким примером может служить DARPA Grand Challenge. В 2004 году агентство DARPA объявило приз в размере 1 млн долларов США команде, чья машина сможет первой самостоятельно пройти маршрут длиной 150 миль по пустыне Мохава. Для того чтобы решиться на выделение финансирования в качестве приза, чиновникам потребовалось специальное одобрение Конгресса США. В итоге оно было получено — с целью стимулировать прорывные технологические разработки, которые могут принести высокую отдачу.

Нужно заметить, что опыты по созданию наземных беспилотных транспортных средств ставились задолго до этого. Так, с 1987 по 1995 год в Европе осуществлялась программа EUREKA PROMETHEUS с общим объемом финансирования 749 млн евро. Результатом европейской программы в 1994 году стал VaMP — роботизированная версия Mercedes-Benz, способная проехать по обычному шоссе со скоростью до 130 км/ч. При этом использовалась только информация, поступающая с камер, что требовало очень больших для того времени вычислительных мощностей, установленных на борту. Тем не менее в 1995 году была продемонстрирована усовершенствованная версия на базе S-Class, совершившая путешествие под контролем водителя-оператора из Мюнхена в Копенгаген и обратно и способная проехать до 158 км без вмешательства человека.

Хотя к 2004 году вычислительные мощности персональных компьютеров увеличились примерно на два порядка по сравнению с серединой 1990-х годов, для гражданского применения стали доступны технологии GPS и существенно продвинулись возможности компьютерной обработки изображения с камер, тем не менее из квалифицированных для соревнования DARPA Grand Challenge 15 команд ни одна не смогла пройти больше 12 км. Большинство автомобилей застревали, съехав с трассы, переворачивались или ломались. Но, несмотря на неудачи, соревнование вызвало огромный интерес среди научных коллективов, работа придала импульс исследованиям в области беспилотных транспортных средств, поэтому было решено продолжить соревнования через год.

В 2005 году участники подготовились существенно серьезнее: университетские команды договорились о партнерстве с автопроизводителями, в оборудовании машин появились лазерные лидары, а программное обеспечение стало сопоставлять информацию с разных датчиков, чтобы построить 3D-модель окружающего пространства и определить безопасную траекторию на скорости до 40 миль в час. На этот раз задачей участников стало преодоление на скорость маршрута в 132 мили, включающего в себя горные участки. Сумма приза была увеличена до 2 млн долларов США. Гонка проходила с раздельным стартом. За два часа до начала участникам были выданы карты маршрута, чтобы они запрограммировали роботов. Драматичная борьба между командами университета Карнеги-Меллона и Стэнфордского университета закончилась победой последней, чья машина Stanley опередила Sandstorm команды Red Team из CMU на 11 минут.

Соревнования DARPA Grand Challenge были продолжены в 2007 году в рамках Urban Challenge, когда командам было предложено пройти 60-мильный маршрут в условиях, приближенных к автодорогам общего пользования, включая соблюдение всех правил движения, а также взаимодействие с другими машинами. В этом соревновании верх

одержала команда Tartan Racing из университета Карнеги-Меллона. В 2013 году было объявлено о проведении DARPA Robotics Challenge, в рамках которого стандартные роботы PETMAN должны управлять автомобилем. Команды-участники будут соревноваться только в программировании поведения этого робота. Финальные испытания назначены на июнь 2015 года.

Проведение этих соревнований привлекло интерес множества исследователей, включая научные коллективы из других стран. Лидеры команд, которые победили в Grand Challenge и Urban Challenge, включая Криса Урмсона, Майка Монтемерло и Энтони Левандовского, были наняты Google для работы над проектом беспилотного автомобиля. Компания Oshkosh Defence, чей беспилотный грузовик TerraMax финишировал в Grand Challenge 2005 последним, получила контракты от Морской пехоты США и сегодня выпускает военные беспилотные грузовики. Другая команда — VictorTango из Политехнического университета Виргинии, которая заняла третье место в Urban

Challenge 2007, основала компанию TORC Robotics и выпускает автоматизированную карьерную технику, а также военные грузовики для Морской пехоты США.

Подобные соревнования ежегодно проводятся и в России под названием «Робокросс» при поддержке фонда Олега Дерипаски «Вольное дело», Фонда «Сколково» и Федерального агентства по делам молодежи. Полевые испытания роботизированных автомобилей проходят на полигоне «Березовая пойма» под Нижним Новгородом. Командам предоставляется для программирования грузовой автомобиль «Газель», оборудованный камерами, лидаром и системой управления. В 2013 году автомобиль должен был следовать за меткой, а затем возвратиться на исходную позицию, минуя препятствия. В 2014 году задачей стало движение по трассе до заданной точки, разворот и возврат на исходную позицию. Оба раза победителем стал резидент «Сколково» — студенческое КБ «Аврора» на базе Рязанского радиотехнического университета.

X-Prize Foundation

Примером эффективного подхода к развитию технологической экосистемы может служить частная некоммерческая организация X-Prize. Этот фонд был создан в 1995 году инженером и общественным деятелем Питером Диамандисом. Идея создания фонда возникла у Питера после знакомства с историей приза Раймонда Ортейга, который в 1927 году пообещал 25 тыс. долларов США тому, кто первым совершит беспосадочный перелет между Нью-Йорком и Парижем. Этот вызов породил дух соперничества между командами по обе стороны океана, которые, по некоторым оценкам, потратили 400 тыс. долларов США в борьбе за главный приз.

Первым вызовом, сформулированным Питером, стал Ansary X-Prize — суборбитальный полет на частном многоразовом космическом аппарате. Для победы космическому кораблю было необходимо преодолеть линию Кармана (подняться на высоту 100 км) и совершить посадку с тремя пассажирами на борту дважды в течение двух недель. Официальным спонсором первого приза стала семья предпринимателей иранского происхождения Ансари, а также ряд частных лиц. Приз в 10 млн долларов США достался компании Scaled Composites, которая занимается разработкой экспериментальных летательных аппаратов. В борьбе приняли участие 26 команд, которые, по оценке организаторов, инвестировали в общей сложности 100 млн долларов США в достижение поставленной цели.

В 2007 году был анонсирован очередной вызов. Для победы в соревновании Google Lunar X Prize частной команде необходимо создать и отправить на Луну робота, обеспечить его мягкую посадку, передвижение на расстояние не менее 500 м и передачу фото и видео с поверхности Луны. Изначально спонсором главного приза соревнования должно было выступить агентство NASA. Однако, поскольку оно может спонсировать исключительно американские команды, фонд обратился к основателям Google: Ларри Пейджу и Сергею Брину, которые согласились поддержать идею. Команда, которая первой достигнет поставленной цели, получает 20 млн долларов США, вторая — 5 млн, плюс предусмотрено еще несколько бонусных призов.

К моменту завершения подачи заявок в конце 2010 года была зарегистрирована 31 команда. На июнь 2014 года борьбу за приз продолжали 18 команд, однако ни одной из них пока не удалось даже анонсировать дату запуска своего аппарата. Тем не менее некоторые команды успешно протестировали отдельные подсистемы, включая телеметрию, управление ракетой-носителем и спускаемый модуль, в земных условиях. Поскольку запуск является наиболее затратным мероприятием, в ноябре 2013 года организаторы предложили призы за промежуточные успехи в лунной программе, включая три приза по 1 млн долларов США за систему спускаемого аппарата, четыре приза по 500 тыс. долларов США за транспортную платформу робота и четыре приза по 250 тыс. долларов США за телеметрию, позволяющую передавать высококачественный видеосигнал на Землю.

На Google Lunar X Prize долгое время претендовали и российские инженеры. За четыре года команде «Селеноход» удалось разработать оригинального шагающего робота на двух «лыжах». В проекте принимали участие группы Института прикладной математики им. М.В. Келдыша и Института космических исследований РАН и частные российские конструкторские бюро: разработчик промышленного дизайна SmirnovDesign и производитель углепластиковых компонентов КБ 1901.

В декабре 2013 года руководством команды «Селеноход» было объявлено о прекращении участия в Google Lunar X Prize по причине отсутствия спонсоров. Однако вовлечение в работу над проектом большого числа (до 25 человек) активных инженеров принесло свои плоды. Так, ООО «Селеноход» стало резидентом инновационного центра «Сколково» и в настоящее время под руководством Сергея Седых разрабатывает системы стыковки космических аппаратов. Главный конструктор проекта 31-летний доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана Александр Шаенко перешел на позицию ведущего инженера в компанию Dauria Aerospace, где занимается разработкой частных спутников. В 2011 году из команды проекта «Селеноход» выделилась группа Сергея Мальцева и Тиграна Шахвердяна, которая занялась вопросами применения технологий машинного зрения для автоматизации складской техники. В результате была создана компания RoboCV, которая активно работает на российском рынке. Таким образом, участие в программе создания частного лунохода позволило собрать команду инженеров-энтузиастов, что оказало позитивное воздействие на развитие отечественных технологий в области роботостроения.

С экономической точки зрения проведение подобных конкурсов выгодно, поскольку стимулирует привлечение в технологический сегмент инвестиций, в разы превышающих обещанный приз, что отмечают как Google, так и DARPA. Так, команды, которые принимали участие в Orteig Prize, Ansari X Prize и DARPA Grand Challenge, тратили в среднем в 2,5–5 раз больше суммы вознаграждения. Однако статистика показывает, что наиболее обеспеченные команды не всегда становились победителями. Поэтому одной из важных составляющих соревнования являются новые способы, которыми команды привлекают финансирование, а также инженерные решения, позволяющие существенно сократить стоимость достижения конечной цели.

Хакатоны в области робототехники

Соревнованиями намного меньшего масштаба, чем вызовы DARPA, являются хакатоны (от англ. hack — «исследовать неочевидные аспекты работы программного обеспечения» и marathon — «марафон»). Эти мероприятия для энтузиастов в области разработки программ возникли в самом конце XX века и получили распространение в середине 2000-х. Обычно организаторами объявляется тема соревнования, например разработка приложения, использующего ту или иную возможность операционной системы или какое-то устройство. Учитывая целевую аудиторию таких соревнований (инженеры, программисты), они представляют большой интерес для спонсоров.

В рамках хакатона участники собираются вместе, чтобы поработать над своим решением предложенной задачи. Перед началом соревнования команды представляют свои концепции и набирают новых членов, после чего начинается непрерывная работа в течение 24–48 часов. После завершения отведенного на разработку времени участники представляют свои результаты и обмениваются мнениями о путях решения тех или иных задач.

Формат подобных мероприятий востребован крупными технологическими компаниями. Необходимость представить свою идею аудитории — это сильный стимул, чтобы постараться придумать что-то оригинальное и интересное. В результате хакатонов Facebook, например, была придумана кнопка Like this и транслятор HipHop. Другим успешным примером является проект GroupMe, идея которого возникла в рамках соревнования TechCrunch Disrupt, а через год основатели продали свой проект компании Skype при оценке в 85 млн долларов США.

Несмотря на то что разработка аппаратных комплексов занимает больше времени, чем создание прототипа программного обеспечения, формат хакатона оказался востребованным и у разработчиков роботов. Обычно, чтобы упростить задачу, командам предлагаются конструкторы, позволяющие собрать из стандартных компонентов и запрограммировать устройство. Например, соревнование MakeMIT предлагает командам студентов разработать продукт при помощи 3D-принтеров, сенсоров Microsoft Kinect, контроллеров Arduino и других комплектующих в течение двух сессий по 16 часов. Среди спонсоров таких мероприятий часто встречаются разработчики платформ и конструкторов, включая Arduino, Raspberry Pi и Lego MindStorm.

Хакатоны являются эффективным инструментом для формирования сообществ разработчиков, в том числе аппаратных комплексов и роботов. Расходы на проведение подобного мероприятия окупаются за счет спонсоров из числа крупных компаний. Среди плюсов от проведения соревнования — вовлечение новых инженеров в локальное сообщество разработчиков, развитие духа свободного творчества и появление идей новых продуктов.

2.4. Венчурные инвестиции

Динамика развития небольших компаний существенно зависит от доступности венчурного капитала. На раннем этапе развития основатели сталкиваются с выбором: органический рост за счет заказов клиентов или агрессивная экспансия при поддержке инвесторов. В условиях острой конкуренции скорость выхода на рынок является критически важной, поэтому доступность венчурного капитала, обеспечивающего их способность конкурировать на мировом рынке необходима для развития компаний.

Помимо источника капитала венчурные инвесторы играют еще одну роль. На раннем этапе они помогают формировать стратегию развития, структурируют типовые операции и налаживают корпоративное управление, выстраивая правильную систему мотивации основателей.

Наконец, именно инвесторы играют основную координирующую роль в осуществлении связи с промышленностью. Поскольку робототехника имеет выраженный междисциплинарный характер, для проектов чрезвычайно важно вовлекать потенциальных заказчиков в процесс работы над продуктами. Весьма распространена практика, когда при содействии инвесторов лидеры рынка включаются в экспертный совет проекта или становятся независимыми членами совета директоров, получая 0,5–1,5% доли в компании.

Начиная с 2012 года наблюдается рост интереса венчурных инвесторов к робототехнике. Но, несмотря на позитивную динамику, финансирование этой отрасли составляет незначительную долю в общем объеме венчурных инвестиций. Основной причиной этого является невысокое отношение ожидаемой доходности к риску, свойственное робототехнике на данном этапе. Инвесторы настороженно относятся к сделкам, предпочитая вкладывать в команды, которые уже имеют прототип и проверенную бизнес-модель. Поэтому несмотря на широкое освещение робототехники в СМИ, пока нельзя говорить о каких-либо признаках перегрева этого сегмента венчурного рынка. Тем не менее есть повод для оптимизма: издержки на разработку новых продуктов сокращаются, а следовательно, число перспективных компаний и ожидаемая доходность проектов возрастают.

С этим согласны и эксперты рынка: «Сейчас лишь начало бума. Венчурные инвестиции в робототехнику — это пока крошечные цифры. Нужны несколько поколений стартапов и деньги от выходов, которые будут реинвестироваться в эту экосистему, чтобы рынок разогрелся», — считает директор по развитию Grishin Robotics Валерия Комиссарова.

Заметная активность крупных компаний на рынке слияний и поглощений в 2013 году демонстрирует наличие спроса на готовые решения и возможность успешных выходов для инвесторов. Примеры последних, а также «созревание» до коммерческой стадии многих сопутствующих технологий могут в ближайшее время спровоцировать инвестиционный бум.

Google: от Android к настоящим роботам

В декабре 2013 года компания Google заявила о покупке восьми робототехнических компаний. Стоимость сделок официально не разглашается, однако, согласно некоторым оценкам, общая сумма составляет от 50 до 90 млн долларов США. В начале 2014 года к ним добавились британский разработчик систем искусственного интеллекта DeepMind, приобретенный Google за 400 млн фунтов стерлингов (650 млн долларов США), а также Titan Aerospace, которую ранее намеревалась приобрести Facebook. Перечислим новые приобретения Google:

Schaft — японская компания, разработчик антропоморфных роботов. В 2013 году она представила на конкурсе роботов DARPA Robotics Challenge (DRC) своего робота S-One, набравшего по результатам испытаний наибольшее число баллов. В ходе конкурса роботы-участники должны были провести автомобиль по определенному курсу, справиться с пересечением местности, расчистить от мусора дверной проем, открыть двери различных типов.

Industrial Perception специализируется на использовании 3D-сканирования объектов и его использовании в сфере автоматизации складских процессов. Компания занимается разработкой систем машинного зрения, которое позволяет загружать в емкости и выгружать из них только определенные необходимые предметы.

Meka Robotics до продажи Google была занята созданием антропоморфного робота с лицом, которое не вызывает психологического отторжения у человека. Компания смогла создать робота с человеческой мимикой, способного следить взглядом за собеседником и моргать, что создает ощущение сопереживания.

Redwood Robotics — совместный проект SRI International, Meka Robotics и технологического инкубатора Willow Garage. Компания занимается разработкой доступных и безопасных роботизированных манипуляторов.

Bot & Dolly — компания, которая разрабатывает и производит механические системы Iris и Scout. Они используются в качестве инструментов кино съемки: главная задача этих систем — обеспечение высочайшей точности движений камеры по определенной траектории. Главное достижение Bot & Dolly — создание сложного алгоритмического управления при помощи роботизированных манипуляторов.

2.4.1. Рынок инвестиций в робототехнику

Сложность оценки объемов венчурного инвестирования в области сервисной робототехники связана с недостатком информации о сделках. Согласно данным портала о робототехнике huzook.com, в 2013 году разработчики роботов привлекли по меньшей мере 235 млн долларов США венчурного капитала. Для сравнения: в 2012 году эта цифра составила 196 млн долларов США, а в 2011-м — 157 млн.

Autofuss — небольшая креативная студия, с которой тесно сотрудничала компания Bot & Dolly. Еще до сделки Google взаимодействовала с Autofuss в процессе съемки рекламных видеороликов для смартфонов Google с использованием робототехнических технологий.

Holomni — небольшая компания, занимающаяся разработкой колес, которые способны двигаться и ускоряться в любых направлениях, что позволяет увеличить маневренность роботов.

Boston Dynamics занимается разработкой перспективных моделей шагающих военных роботов. После приобретения Google заявила о приостановке сотрудничества с DARPA по завершении действующих исследовательских контрактов.

DeepMind — компания, созданная в 2011 году; занимается разработкой нейросетевых алгоритмов машинного обучения, позволяющих, например, компьютеру играть в игры подобно человеку.

Titan Aerospace — разработчик стратосферных беспилотных летательных аппаратов, способных совершать длительные автономные полеты. Эксперты предполагают, что они будут использоваться в рамках Project Loon для обеспечения доступа в Интернет в удаленных районах планеты.

Подразделение Google Robotics, которое будет объединять разработчиков, специализирующихся в области робототехники и искусственного интеллекта, размещается в Пало-Альто с дополнительной лабораторией в Японии. Информации о конкретных направлениях разработок нет, однако, по словам старшего вице-президента Google и создателя операционной системы Android Энди Рубина, отвечающего за развитие приобретенных проектов, это будет долгосрочная программа, рассчитанная на период более 10 лет.

Google является весьма активным игроком на рынке слияний и поглощений: только в 2013 году была приобретена 21 компания. Покупка за короткий промежуток времени сразу 10 проектов, имеющих отношение к робототехнике, обратила на себя внимание многих аналитиков. Нет ничего удивительного в том, что разработчик веб-сервисов выходит на рынок роботов. Уже сегодня значительная часть добавленной стоимости робота приходится на программное обеспечение. В будущем его значение будет только возрастать, как и доля роботов, подключенных к Интернету. Поэтому Google может рассматривать робототехнику как новый класс пользовательских устройств, на которых будут запускаться программы и веб-сервисы, наряду с техникой «умного дома» или носимой электроникой.

В рамках данного исследования был осуществлен анализ сегмента венчурных инвестиций в робототехнику на основе открытых источников. В таблице ниже приведены данные об объеме венчурных инвестиций в целом, а также в робототехническую отрасль.

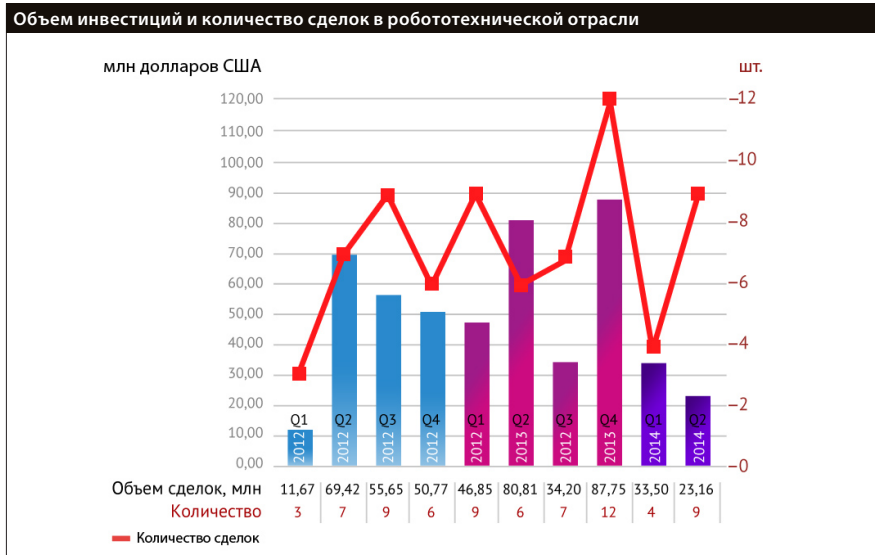
Общий объем венчурных инвестиций в мире, млн долларов США			
	2011 год	2012 год	2013 год
Венчурные инвестиции	54 700	47 600	48 500
В том числе в робототехнику	157	196	235

Источники: информационный портал Hizeok.com, crunchbase.com, businessreview.com, исследование глобального рынка венчурного капитала и трендов 2014 года компании Ernst & Young.

В США положительная динамика инвестирования наблюдается также в отдельных сегментах рынка робототехники. Эту тенденцию можно проследить на примере инвестиций в проекты беспилотных летательных аппаратов. Так, аналитический ресурс CB Insight опубликовал данные об инвестициях в этом направлении с 2010 года. Согласно проведенному им анализу, рынок беспилотных летательных аппаратов в настоящее время находится в фазе быстрого роста.

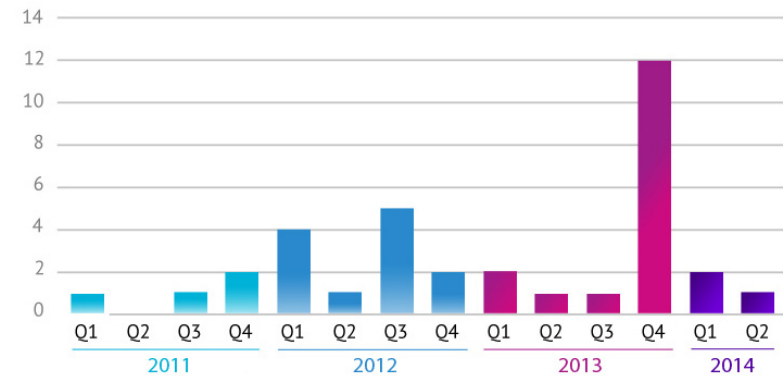
Наибольшую активность в поглощении разработчиков роботов демонстрируют лидеры рынка ИТ: Google, Aethon и др.

Инвестиционная активность начинает приносить свои плоды и с точки зрения выходов. Если в 2011 году выходы были единичными, то в 2012-м было совершено 12 сделок со стратегическими инвесторами, а в 2013-м — уже шестнадцать. Кроме того, в марте 2014 года японский производитель экзоскелетов Cyberdyne успешно вышел на токийскую биржу и привлек 86 млн долларов США.



Примечание. Составлено авторами на основании открытых данных crunchbase.com, hizeok.com, roboticsbusinessreview.com.
*Более подробная информация о сделках в Приложении 1.

Число сделок по покупке компаний в области робототехники, шт.



Примечание. Составлено авторами отчета на основании открытых данных crunchbase.com, hizeok.com, roboticsbusinessreview.com.
*Более подробная информация о сделках в Приложении 2.

2.4.2. Примеры инвесторов

Количество специализированных робототехнических венчурных фондов невелико. Наиболее типичными примерами являются Drone.VC Syndicate, Grishin Robotics и другие.

Drone.VC Syndicate — венчурный фонд, который ориентирован на компании, разрабатывающие дроны коммерческого назначения, в том числе для сельского хозяйства, нефте- и газодобычи, недвижимости, в сферах логистики и безопасности. Drone.VC Syndicate планирует в ближайшие три-пять лет инвестировать в 30 компаний, находящихся на разных стадиях зрелости.

Grishin Robotics — венчурный фонд со штаб-квартирой в Нью-Йорке, ориентированный на инвестирование в робототехнические проекты по всему миру. Фонд основан в 2012 году соучредителем, генеральным директором и председателем совета директоров Mail.Ru Group Дмитрием Гришиным. Капитал под управлением фонда составил 25 млн долларов США. К июлю 2014 года было проинвестировано восемь американских компаний.

В первую очередь компания отбирает проекты, которые ориентированы на потребительский рынок. По словам Валерии Комиссаровой, директора по развитию Grishin Robotics, «портрет идеальной компании для фонда — это в первую очередь готовый продукт, ориентированный на массовый выпуск, в то время как компонентами фонд заинтересован в значительно меньшей степени, порой только в виде исключения». Помимо инвестиций в конкретные технологические проекты фонд Grishin Robotics вложил совместно с восемью другими инвесторами 3,9 млн долларов США в hardware-инкубатор Bolt.io.

Robolution Capital — частный французский венчурный фонд, который инвестирует робототехнические проекты по всему миру. Основные приоритеты фонда — компании,



Робот Vaxter используется в качестве базовой платформы для робототехнических разработок

создающие сервисных домашних и профессиональных роботов от посевной стадии до стадии раннего роста. В планах инвесторов вложить 80 млн евро во французские и европейские робототехнические компании. Декларируемый объем инвестиций составляет от 300 тыс. до 3 млн евро в один проект.

Другие фонды выделяют робототехнику в качестве одного из приоритетных направлений.

Genesis Angels — венчурный фонд, созданный в апреле 2013 года молодым казахстанским бизнесменом Кенесом Ракишевым. Приоритетными отраслями инвестирования являются проекты в области искусственного интеллекта, робототехники, дополненной реальности и других технологий, которые могут повлиять на взаимодействие человека с окружающей средой. Штаб-квартира фонда располагается в Сингапуре. Географический фокус инвестиций — Казахстан, Израиль, Россия и США. Первоначальный капитал фонда составлял 10 млн долларов США. Однако весной 2013 года было объявлено о закрытии фонда объемом 100 млн долларов США. Интересной особенностью Genesis Angels является то, что председателем совета директоров фонда стал Эхуд Ольмерт — бывший премьер-министр Израиля. Также сообщалось о том, что сын другого премьер-министра Израиля, Ицхака Рабина, Юваль Рабин получил должность менеджера фонда. Не удивительно, что первые 34,5 млн долларов США были проинвестированы в израильские стартапы, включая компанию — разработчика мобильного аппаратного обеспечения Sirim.

Index Ventures — известная международная управляющая компания с активами в 2 млрд евро и офисами в Лондоне, Женеве и Сан-Франциско. В июне 2014 года было объявлено о создании нового фонда объемом 400 млн евро для инвестирования в компании ранних стадий в сегментах робототехники, потребительской электроники и новых финансовых платформ.

Существует множество примеров инвестирования непрофильными венчурными фондами робототехнических проектов. К примеру, компания Rethink Robotics, разрабатывающая недорогие промышленные и исследовательские манипуляторы Vaxter, получала финансирование на пяти этапах развития проекта от различных инвесторов, портфели которых включают в себя компании как из области робототехники, так и из других отраслей.

Компания Romotive, основанная в 2011 году, занимается разработкой персональных роботов с функциями телеприсутствия, автономной навигации и машинного зрения. Она получила финансирование на стадии А от четырех фондов: CrunchFund, SV Angel, Sequoia Capital, Felicis Ventures, каждый из которых инвестировал в еще более чем 100 компаний, не имеющих отношения к робототехнике.

Liquid Robotics

История компании началась в 2003 году, когда венчурный инвестор Джо Рицци заинтересовался способом записи пения горбатых китов, живущих в прибрежных водах Гавайских островов. Джозеф Д. Рицци является одним из пионеров Кремниевой долины. В 1970–1980-х годах он участвовал в управлении компанией Intersil (разработчик микропроцессоров) и основал ELXSI (производитель компьютеров). В 1986 году Джо присоединился к команде фонда Matrix Partners. В качестве венчурного инвестора он участвовал в становлении таких компаний, как SanDisk Corporation (производитель флэш-памяти) и Veritas Software (разработчик систем резервного копирования). Отойдя от дел в 2003 году, он основал некоммерческую организацию Jupiter Research Foundation для изучения китов. Чтобы записывать издаваемые животными звуки вместе со своим соседом Бобом Бёркемом, Джо изготовил первое устройство из байдэрки, гидрофона, банки из-под корнишонов и длинного кабеля.

В 2005 году технология получила развитие после привлечения к работе Дерека Хайна, инженера и изобретателя, а также его сына Роджера, студента-робототехника Стэндфордского университета. Командой друзей Джо была поставлена цель разработки «безъякорного, сохраняющего фиксированное положение буя». Для решения этой инженерной задачи был приобретен большой аквариум, который установили в гостиной Хайнов, ставшей на несколько месяцев исследовательской лабораторией.

В 2007 году команда разработала принципиальный дизайн устройства, способного автономно перемещаться в море и передавать данные сенсоров на берег. Оценив коммерческий потенциал разработки, основатели создали компанию Liquid Robotics. В 2009 году были проведены первые успешные испытания в океане, когда устройство Wave Glider за девять дней обошло по кругу крупнейший из Гавайских островов. Первыми заказчиками морских роботов стали исследовательские организации и ВМС США. Все это время компания успешно привлекала финансирование от венчурных инвесторов, получив совокупно более 14,5 млн долларов США.

В 2011 году компания получила 22 млн долларов США в рамках инвестиционного раунда D, в котором участвовали VantagePoint и Schlumberger. Для управления растущей компанией в качестве генерального директора был приглашен Билл Васс — бывший президент дочерней компании Sun Microsystems, специализирующейся на работе с государственными заказчиками.

Для популяризации своей разработки в 2011 году Liquid Robotics был организован конкурс PacX Challenge. В ноябре с побережья Сан-Франциско отчалила группа беспилотных роботов Wave Gliders, непрерывно собирающих информацию на протяжении всего пути через Тихий океан. Компания Liquid Robotics пообещала ученым, которые наиболее оригинальным образом используют накопленные данные,



Беспилотная лодка Wave Glider компании Liquid Robotics использует энергию солнца и волн

приз, который состоял из исследовательского гранта компании BP (50 тыс. долларов США) и шести месяцев бесплатной эксплуатации Wave Glider. Победителем конкурса был признан профессор Трейси Виллариалу из Техасского университета в Остине за сравнение данных спутникового мониторинга с получаемой с поверхности океана информацией.

В марте 2013 года команда Liquid Robotics, состоявшая уже из более чем 80 человек, привлекла еще один раунд инвестиций объемом 45 млн долларов США от VantagePoint и Riverwood Capital. В компании были созданы подразделения для работы с государственными структурами и для обслуживания зарубежных покупателей. Совместно с компанией Schlumberger была основана компания Liquid Robotics Oil & Gas, предоставляющая услуги геофизических измерений нефтегазовым компаниям. Совокупная дистанция, пройденная всеми устройствами компании, составила на тот момент более 400 тыс. морских миль.

Ключевой разработкой компании является робот Wave Glider, состоящий из двух платформ: надводной, снабженной солнечной батареей, и подводной. Верхняя платформа подвержена воздействию волн, тогда как нижняя неподвижна. Посредством управления крыльями и рулевыми механизмами разницу в движении платформ можно преобразовать в перемещение всего аппарата в нужном направлении. Последняя модификация Wave Glider способна работать в качестве сервера, обрабатывающего большие объемы данных и предоставляющего информацию окружающим беспилотным летательным аппаратам и судам.

Основными областями применения глайдеров Liquid Robotics сегодня являются:

- ♦ военно-морской флот и береговая охрана США: противолодочная оборона, обнаружение мин и охрана морских территорий;
- ♦ частные охранные предприятия;
- ♦ нефтегазовая отрасль: сейсморазведка, бурение, обнаружение утечек;
- ♦ научные исследования в области океанологии;
- ♦ раннее предупреждение о цунами;
- ♦ коммерческие предприятия (рыбопромысловый флот).

Растущая компания проводит активную кадровую политику с целью обеспечения своего долгосрочного технологического превосходства. В августе 2011 года в Liquid Robotics на позицию главного архитектора программного обеспечения перешел из Google создатель языка Java Джеймс Гослинг. В сентябре за ним последовал бывший астронавт NASA, возглавлявший группу перспективных исследований Google, Эдвард Лу (позже, в 2012 году, покинул Liquid Robotics).

Liquid Robotics активно сотрудничает с ведущими производителями сопутствующих технологий. Так, в апреле 2014 года компания совместно с разработчиком электромеханических и гидроакустических сенсоров Ultra Electronics объявила о разработке системы морской безопасности, отличающейся длительным временем автономной работы.

Робототехника входит в область интересов ряда корпоративных венчурных фондов.

Robert Bosch Venture Capital — корпоративный венчурный фонд немецкого производителя автокомпонентов, промышленного оборудования и бытовой техники Bosch. Фонд ориентирован на проекты ранних стадий. В числе приоритетов — автоматизация и робототехника. Размер первых раундов составляет от 1,5 до 4 млн евро. В случае участия фонда в последующих раундах инвестиции могут достигать 6–10 млн евро за долю в 10–20% в капитале компании.

В апреле 2014 года Robert Bosch Venture Capital совместно с венчурными фондами Innovacom и SEB Alliance инвестировал 3 млн евро в робототехническую компанию Robot, которая занимается системами навигации для автономных роботизированных бытовых приборов.

ABB Technology Ventures (ATV) — корпоративный венчурный фонд производителя энергетических систем и промышленных манипуляторов ABB Group. Средства, инвестируемые в одну сделку, находятся в диапазоне от 1 до 20 млн долларов США, проекты выбираются преимущественно на стадиях разработки готового продукта или завершения работы над прототипом. В год ATV инвестирует в четыре — шесть новых компаний, предпочитая синдицированные сделки совместно с другими венчурными фондами. Начиная с 2010 года фонд вложил более 160 млн долларов США в компании различных отраслей, в том числе в робототехнику, традиционные и возобновляемые источники энергии.

В 2013 году ATV совместно с Nike и Silicon Valley VC инвестировал 3 млн долларов США в компанию Gabbit, которая разрабатывает роботизированные манипуляторы для погрузочно-разгрузочных работ.

2.4.3. Выходы инвесторов

Венчурный капитал играет важную роль в развитии рынка сервисной робототехники. Анализ истории наиболее успешных компаний показывает, что они так или иначе привлекали частные инвестиции на этапе, предшествующем стадии быстрого роста. Венчурные инвесторы способны дополнять государственное финансирование научных разработок, но не заменять его. Чтобы фонды начали обращать больше внимания на сегмент робототехники, во-первых, в нем должны быть представлены сильные команды, проекты которых находятся в высокой степени готовности. Это напрямую зависит от эффективности программ прикладных исследований и инновационной инфраструктуры в части создания новых проектов. Во-вторых, должен сложиться рынок поглощений стартапов крупным бизнесом, чтобы инвесторы видели перспективу отдачи от своих вложений.



Команда EksoBionics в октябре 2011 года представила свои разработки на презентации Launch Party в Нью-Йорке

Крупнейшие поглощения робототехнических компаний

Kiva Systems — Amazon

До 2003 года Мик Маунц (Mick Mountz) занимался онлайн-торговлей и в процессе работы сталкивался с неэффективностью системы комплектации клиентских заказов. В январе 2003 года он вместе с экспертами в области робототехники Питером Вурманом и Рафаэлло д'Андреа основал компанию Kiva Systems, чтобы произвести революцию в складской логистике.

Вся существующая складская техника и программное обеспечение построены вокруг хранения паллет с товаром. Вместо того чтобы «учить» технику обходиться с паллетами, разработчики сконцентрировались на создании стеллажей, которые будет удобно перемещать при помощи роботов. В результате экспериментов были созданы небольшие (30 см в высоту) электропогрузчики, способные заезжать под стеллаж, приподнимать его и транспортировать в нужное место.

На момент создания первого робота Мику пришлось столкнуться с проблемой нехватки комплектующих: не было ни подходящих моторов, ни алюминиевых деталей заданной формы. Однако создание принципиально новой системы сортировки, перемещения и упаковки товаров стало возможным благодаря прогрессу в робототехнике, доступности Wi-Fi-контроллеров и мобильных видеокамер. «Детали роботов дешевели с такой скоростью, что мы смогли создать доступное предложение, — говорит Маунц. — Пятью годами раньше Kiva была бы невозможна».

После создания первых прототипов складских роботов остро стал вопрос привлечения инвестиций. Основатель компаний Мик Маунц утверждает, что инвесторы на тот момент не были заинтересованы в подобных проектах: «Они не принимали меня всерьез, им нужны были программные решения, не требующие серьезных инвестиций, а не железо, с которым не оберешься проблем». Используя личные связи, Мик привлек средства бизнес-ангелов в размере 1,6 млн долларов США, для того чтобы оборудовать демонстрационный центр. В 2005 году у Kiva Systems была закуплена экспериментальная партия из 15 устройств; покупателем стал крупнейший мировой дистрибьютор офисных товаров Staples. Устройства Kiva функционировали наряду со стандартной системой упаковки — конвейером. Эксперимент длился два с половиной месяца и был признан удачным: с помощью роботов упаковщики вдвое увеличили производительность труда.

В мае 2006 года фонды Meakem Becker Venture Capital и Bain Capital Ventures инвестировали в проект Kiva Systems 10 млн долларов США. Основным направлением расходования средств стало масштабирование бизнеса по автоматизации распределительных центров, включая склады таких известных компаний, как The Gap (продавец одежды), Walgreens (премиальные супермаркеты), Crate & Barrel (магазин бытовых товаров) и др.

В 2006 году обувной магазин Zappos потратил 5 млн долларов США на приобретение 72 роботов Kiva Systems для обеспечения работы склада, обрабатывающего 12% заказов. В результате, по словам вице-президента по обслуживанию и операционной деятельности Zappos Крейга Эдкинса, «затраты на труд и электрические счета сократились вдвое».

По мнению специалистов, успех компании Kiva Systems заключается не только в создании робота с удачными характеристиками (различные грузоподъемность и скорость передвижения, дизайн, аккумуляторное питание, небольшие габариты), но также в детальной продуманности работы системы в целом. Например, устойчивость к отказу отдельных роботов, оптимизация подачи товаров упаковщику, чтобы минимизировать простои человека, возможность работы в неотапливаемых помещениях и др. Периодически система анализирует востребованность товаров, и в зависимости от результата работы реорганизуют рабочее пространство: передвигают стеллажи с наиболее актуальными товарами ближе к упаковщикам. В результате Kiva Systems позволяет существенно увеличить производительность. Если среднестатистический рабочий на современном складе совершает 200–400 транзакций в течение часа, то внедрение роботов Kiva способно увеличить этот показатель до 600–700 транзакций.

В 2012 году компания Kiva Systems была куплена за 775 млн долларов США компанией Amazon. Приобретенная ею технология, основанная на автономных мобильных роботах и сложном программном обеспечении, позволяет Amazon существенно снизить издержки. Именно покупка, а не лицензирование — это стратегический шаг для устранения потенциального использования технологии Kiva Systems конкурентами. Кроме того, компания Amazon располагает десятками складов, поэтому дочернее предприятие будет обеспечено заказами на автоматизацию на несколько лет вперед. Как отметил Дэйв Кларк, вице-президент Amazon по глобальным поставкам, перед непосредственным осуществлением сделки, «Amazon уже довольно давно применяет автоматизацию в своих центрах отправки заказов, и технологии Kiva помогут нам еще больше увеличить производительность».

Основатель и генеральный директор Amazon Джефф Безос стремился максимально автоматизировать складские процессы в компании. Только в 2011 году операционные расходы Amazon составили 4,6 млрд долларов США, или 9,5% годовых продаж. В том же году численность сотрудников компании составляла 56,2 тыс. человек, что на 67% больше, чем в 2010-м, при этом доход за 2011 год вырос на 41%. Основная проблема заключалась в том, что складские процессы, в целом выполняемые в ручную, дорожают быстрее, чем увеличиваются темпы роста доходов компании. Автоматизация и роботизация позволили снизить издержки эксплуатации складских помещений и ускорить процесс доставки более широкого ассортимента товаров потребителям.

Evolution Robotics — iRobot

Компания Evolution Robotics (ER) была основана в 2001 году в инкубаторе Idealab еще до того, как в ноябре того же года ElectroLux представила свою первую модель робота-пылесоса Trilobot. Изначально команда фокусировалась на разработке платформ для мобильных роботов, включая технологии машинного зрения и автономной навигации. Программные разработки ER лицензировались другими игроками рынка, включая Sony. В 2008 году компания получила финансирование в размере 13,9 млн долларов США от двух инвестиционных фондов: Vodafone Ventures и CMEA Capital.

В 2010 году на выставке потребительской электроники в Лас-Вегасе (Consumer Electronic Show, CES, 2010) компания представила модель робота-уборщика Mint floor cleaner. Несмотря на присутствие

на рынке домашних роботов-уборщиков других сильных игроков, эта модель получила признание пользователей. Mint имел более эргономичную квадратную форму и меньшие размеры по сравнению с представленными моделями. Робот-уборщик использовал специальную тряпку для чистки пола, увлажняемую жидкостью из контейнера, размещенного на корпусе робота. Единственная движущая часть робота — приводные колеса, поэтому Mint floor cleaner оказался наиболее тихим из всех доступных на рынке роботов-уборщиков. Дополнительными преимуществами продукта стали низкая стоимость, малое энергопотребление и уникальная система навигации.

Достигнув уровня продаж в 20 млн долларов США за 2011 год, в сентябре 2012 года Evolution Robotics была выкуплена компанией iRobot за 74 млн долларов США. Это приобретение дало iRobot право на владение всеми разработками и интеллектуальной собственностью поглощенной компании. Генеральный директор Evolution Robotics Паоло Пиржданян присоединился к команде iRobot в качестве директора по технологиям. Робот-уборщик Mint получил новую жизнь в линейке продуктов iRobot под брендом Braava.

История выходов венчурных фондов из проектов пока еще коротка, но уже имеет ряд явных успехов, включая Kiva Systems, Mako Surgical, DeepMind и Evolution Robotics. Несколько робототехнических компаний успешно провели IPO.

В ноябре 2013 года Medtech SAS, французская компания, производящая хирургических роботов, вышла на биржу NYSE Euronext в Париже. Ей удалось привлечь 20 млн евро.

В 2014 году компания Ekso Bionics, разрабатывающая экзоскелеты, вышла на IPO. Первый коммерчески доступный продукт Ekso ориентирован на помощь людям, страдающим параличом. В результате IPO компании удалось привлечь 30,3 млн долларов США.

В июле 2014 года компания ReWalk Robotics, занимающаяся разработкой экзоскелетов, заявила о намерении выйти на IPO. До этого в сентябре 2013 года было заявлено о стратегическом партнерстве между создателем ReWalk израильской компанией Argo Medical и японским производителем промышленных роботов Yaskawa, обеспечившим финансирование проекта разработки экзоскелета. В 2013 году доход ReWalk Robotics составил 1,6 млн долларов США (в 2012-м он был равен 972 тыс. долларов США). Компания планирует привлечь до 57,5 млн долларов США на бирже Nasdaq. Основными акционерами компании являются SCP Vitalife Partners и Yaskawa Electric Corp. По данным ReWalk Robotics, в США по состоянию на 2013 год 273 тыс. человек живут с травмой спинного мозга. Почти 80% из них являются потенциальными клиентами компании ReWalk.

2.5. Бизнес-модели производителей роботов

На данный момент на рынке робототехники основной доход производителям приносит продажа устройств. Исключением являются лишь некоторые компании промышленного сектора, самостоятельно занимающиеся инжинирингом конечных решений. Можно выделить три основные модели работы, которые определяются спросом на соответствующих сегментах рынка.

1. Создание уникальных роботов, включающее в себя как разработку, так и производство единичных изделий или малых серий. Основными заказчиками при этом являются государство или крупные корпорации. Типичными примерами подобных организаций являются Boston Dynamics и DEKA Research and Development. Основная часть добавленной стоимости в подобных компаниях создается за счет НИОКР.

2. Массовое производство потребительских роботов. Ключевыми компетенциями таких компаний являются маркетинг и умение оптимизировать себестоимость. Типичными примерами продуктов могут служить бытовые сервисные роботы Roomba, роботизированные игрушки Lego MindStroms или WowWee RoboSapien.

3. Серийное производство промышленной и профессиональной сервисной робототехники. В отличие от модели массового производства компании, выпускающие сравнительно небольшое число дорогих роботизированных систем, стремятся самостоятельно осуществлять процесс разработки и производства готовой продукции. Успешные примеры: Fanuc, KUKA, Intuitive Surgical и BA Systèmes (производитель роботизированной складской техники).

Альтернативные бизнес-модели

Поскольку робототехника тесно связана с индустрией ИТ, для прогнозирования проявления новых бизнес-моделей полезно обратиться к опыту рынка информационных технологий, который за свою историю породил весьма много способов извлечения дохода. Конечно, при этом необходимо учитывать наличие принципиальных различий между продажей программного продукта и устройства.

На раннем этапе становления рынка компьютеры разрабатывали и производили малыми сериями, прежде всего для военных и крупных корпораций. Основная добавленная стоимость создавалась за счет НИОКР, поскольку для каждой новой модели приходилось разрабатывать свои файловую систему и язык программирования. Подобная бизнес-модель характерна для многих технологических компаний в сфере робототехники, которые занимаются перспективными исследованиями, например для Boston Dynamics, AeroVironment или Bluefin Robotics.

Стандартизация аппаратного обеспечения в рамках платформы IBM PC привела к массовому распространению персональных компьютеров и снижению цен. В результате большая часть комплектующих производится в Азии, а основная добавленная стоимость создается за счет разработки новых поколений технологий. На рынке робототехники тенденция переноса производства в Китай при сохранении национальных инжиниринговых



Робот-пылесос компании Neato Robotics

центров наблюдается среди производителей промышленных роботов (KUKA), а также в потребительском сегменте сервисных роботов (iRobot).

Рынок программного обеспечения достаточно четко разделен на корпоративный и потребительский сегменты. Ключевую роль на рынке программного обеспечения для крупного бизнеса и государства играют системные интеграторы, занимающиеся внедрением и доработкой программ под конкретного заказчика. При этом стоимость аппаратного обеспечения и лицензий на ПО составляет не более половины от итоговой стоимости проекта. Рынок программного обеспечения склонен к концентрации: в каждой нише можно выделить два-три основных международных вендора и одного-двух национальных игроков. Поскольку для бизнеса важнейшими параметрами являются

DEKA Research & Development Corporation

Основанная Дином Кейменом в 1982 году DEKA Research & Development Corporation занимается разработкой медицинских устройств, включая приборы для гемодиализа в домашних условиях, стенты для сосудов, инсулиновые помпы и автоматизированные инвалидные коляски. Устройства, разработанные DEKA, лицензированы крупнейшими американскими компаниями в области здравоохранения и являются лидерами в своих рыночных нишах. Но наиболее широкую известность фирме принесло изобретение двухколесного самоката Segway.

Одним из значимых проектов компании DEKA является протез Luke's arm, названный по имени персонажа «Звездных войн» Люка Скайуокера, который виртуозно сражался на мече, пользуясь протезом руки. Несмотря на острую необходимость в подобных устройствах, их рынок в США составляет всего лишь 6 тыс. штук в год. Чтобы компенсировать инвестиции DEKA, в 2005 году агентство DARPA выделило 18,1 млн долларов США на разработку функциональных протезов верхних конечностей. Задачей разработчика стало создание роботизированного протеза, способного выполнять рутинные операции: например, открывать ключом дверь, брать кофейные зерна, пользоваться дрелью или пожимать руку. В 2008 году разработку передали на клинические испытания. В мае 2014 года было объявлено об успешном завершении испытаний и получении разрешения FDA на продажу этих протезов.

Компания DEKA являет собой успешный пример частного конструкторского бюро, в котором занято более 400 инженеров, создающих конкурентоспособные продукты, в том числе в области робототехники. На протяжении 30 лет компания занимается разработкой новых направлений, передавая их производство крупному бизнесу. В успешности DEKA велика роль ее основателя Дина Кеймена, который является энтузиастом технологий и неумолимым популяризатором науки. В 1989 году он организовал фонд FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology — «для вдохновения и признания науки и технологий»), задача которого — мотивировать подростков к изучению естественных наук и предоставлять гранты на обучение.

Пример компании DEKA показывает, что даже на весьма узком рынке инжиниринговых услуг существуют устойчивые бизнес-модели развития. Ключевую роль в этом играет предпринимательский талант руководителей компании, которые привлекают финансирование из разных источников, включая государственные гранты и заказы крупного бизнеса, для инициативных разработок новых технологий, приносящих доход от лицензирования в долгосрочной перспективе.

надежность и наличие технической поддержки, цены на программное обеспечение сохраняются на высоком уровне. В настоящее время уже происходит проникновение разработчиков роботизированных систем в сегмент корпоративного ПО, например Kiva или BA Systèmes активно интегрируют свои продукты в программы управления складом.

Потребительский сегмент программного обеспечения представлен большим количеством разработчиков различных программ. Высокая конкуренция приводит к снижению рентабельности бизнеса. Для программного обеспечения, издержки на создание каждой новой копии которого минимальны, это приводит к тому, что цена на продукт стремится к нулю. В результате возникают такие схемы монетизации, как shareware, freemium, рекламная бизнес-модель и др. Наиболее привлекательной на этом конкурентном рынке является инфраструктурная бизнес-модель, когда большое число приложений продается через специальную платформу. Тем не менее, поскольку производство роботов имеет существенные предельные издержки, подобные модели могут относиться лишь к программам, исполняемым на базе встроенных в них компьютеров. Дополнительное программное обеспечение для роботов — это пока скорее исключение из правил, однако уже появились первые специализированные магазины приложений для моделей из потребительского сегмента.

Распространение широкополосного доступа в Интернет и мобильных технологий существенно изменило рынок программного обеспечения. Вместо покупки лицензии на использование стало возможным продавать подписку на веб-сервисы. Кроме того, получили распространение такие модели, как поисковая реклама, продвижение в социальных сетях, покупка виртуальных предметов в играх и т.д. Поскольку решение сложных задач искусственного интеллекта вроде понимания речи и распознавания образов рациональнее выполнять на сервере «в облаке», распространение интеллектуальных бытовых роботов постепенно приведет к росту популярности подобных моделей бизнеса и на рынке потребительской робототехники.

Наконец, распространение информационных технологий привело к формированию огромного теневого рынка, начиная от рассылки нежелательной рекламы и заканчивая распространением криптовалют. Оценка рисков от развития робототехники выходит за рамки настоящего исследования, хотя многие эксперты выражают обеспокоенность возможностью нелегального использования роботов. Тем не менее рост рисков приводит к возникновению коммерческих решений для их снижения. Появление компьютерных вирусов привело к возникновению индустрии антивирусного программного обеспечения. Учитывая высокие риски при несанкционированном доступе к роботам, можно ожидать появления решений и в этой области.



Робот da Vinci позволил увеличить точность хирургических операций

Продажа дополнительных инструментов, аксессуаров и расходных материалов

Классическая модель продажи комплементарных товаров (так называемая модель бритв и лезвий) широко применяется на современных рынках, начиная от принтеров и заканчивая медицинским приборостроением. Эта модель позволяет сместить доход с первоначальной продажи устройства на его обслуживание, что, с одной стороны, обеспечивает производителю более равномерное поступления средств, а с другой — способствует увеличению продаж за счет снижения первоначального платежа. Например, сотовые операторы в США дотируют приобретение телефонов, зарабатывая на абонентском обслуживании.

Подобная модель встречается и у производителей роботов. Типичным примером является компания Intuitive Surgical, для которой продажи сменных инструментов и сервисных контрактов являются важной составляющей получаемого дохода. Так в 2013 году сервисные контракты принесли ей 397,3 млн долларов США доходов, или 17,5% от выручки. При этом валовая маржа обслуживания составила 68%. Стоимость робота da Vinci составляет от 1 до 2,3 млн долларов США. При этом стоимость годовой поддержки производителем составляет 100–170 тыс. долларов США в год. Еще одним важным источником выручки Intuitive Surgical является поставка инструментов и вспомогательного оборудования для операций. Выручка по этой статье в том же году составила 1,03 млрд долларов США, или 55,3% от общего объема продаж. Таким образом, возобновляемый денежный поток от поддержки оборудования и продажи комплектующих уже превышает доход от базовых систем da Vinci.

Антивирусы

Распространение роботов, которые имеют интерфейсы для доступа в сеть, даст толчок к появлению новых классов вирусов и, следовательно, создаст нишу сетевых экранов и новых средств защиты. Работа в области получения несанкционированного доступа к промышленному оборудованию уже активно ведется, если вспомнить инцидент с вирусом Stuxnet. В 2010 году этот вирус, распространяющийся через USB-накопители, вывел из строя пятую часть иранских центрифуг для обогащения урана, заставляя пораженные им контроллеры Siemens работать в нерасчетных режимах. Обнаружение этого вируса на международной космической станции и ряде предприятий атомной промышленности России, которые не были напрямую подключены к Интернету, заставило по-новому взглянуть на вопросы кибербезопасности и предупреждения техногенных катастроф.

Магазины приложений

Одной из перспективных бизнес-моделей на рынке потребительской робототехники является платформа для распространения приложений. По мере роста популярности бытовых и игрушечных роботов будет возрастать спрос на различные программы, выполняемые ими. Например, развлекательные роботы-собеседники будут способны

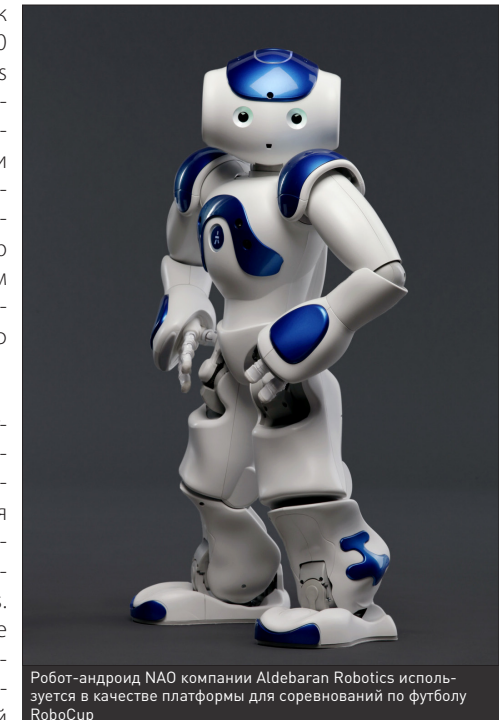
«разучивать» новые виды игр или образовательных программ. Бытовые роботы смогут получать языковые пакеты для управления голосовыми командами, а коптеры — обновления карт и навигационную информацию.

Первые шаги в области платформ цифровой дистрибуции приложений для роботов уже сделаны. Так, в июне 2011 года Эладом Инбаром был запущен проект Robot App Store. Эта платформа представляет собой магазин приложений для самых разных роботов. Среди поддерживаемых платформ выделяются игрушечный андроид NAO, пылесос Roomba, робот-собачка AIBO от Sony, управляемый шарик Sphero, квадрокоптер AR.Drone, а также конструктор NXT от Lego.

Среди представленных программ есть интерфейсы для управления устройствами посредством Android-смартфона, различные наборы движений для игрушечных роботов, интерфейсы для программирования и подключения роботов к источникам данных в Интернете. Большинство приложений можно скачать бесплатно. Другие продаются по цене 0,99 доллара США. Одно из наиболее дорогих приложений, позволяющее «научить» робота NAO принимать и зачитывать вслух электронную почту, стоит 5,99 доллара США. Сервис Robot App Store не является самостоятельной платформой цифрового распространения: в основном приложения продаются через Google Play. Также есть возможность принимать платежи через сервис PayPal.

Проект Robot App Store привлек посевные инвестиции в объеме 250 тыс. долларов от фонда Grishin Robotics в декабре 2012 года. Несмотря на достаточно демократичные цены, проект остается уделом разработчиков и энтузиастов роботостроительных технологий. Сайт не пользуется сколько-нибудь заметной популярностью у пользователей. Судя по записям в блоге, осенью 2013 года у команды закончились средства посевного раунда и проект был заморожен.

Другим примером цифровой платформы приложений для роботов является сервис NAO MY APPS — проприетарный сервис для распространения программ для французского игрушечного андроида NAO, разрабатываемого компанией Aldebaran Robotics. Этот робот используется в качестве стандартной платформы для международных соревнований по футболу RoboCup. Имея до 25 степеней



Робот-андроид NAO компании Aldebaran Robotics используется в качестве платформы для соревнований по футболу RoboCup

свободы, мощный процессор Intel Atom, камеры высокого разрешения и беспроводные интерфейсы, этот робот может совершать достаточно сложные действия. Сервис NAO MY APPS позволяет бесплатно скачивать приложения, повышая тем самым ценность игрушки для конечного пользователя.

В настоящее время все программы являются бесплатными. Пользователи, которые увлекаются программированием, публикуют их, чтобы поделиться с другими участниками этого сообщества. В будущем ожидается появление платных приложений, поскольку некоторые скрипты уже распространяются на Robot App Store за деньги. Коммерциализация этого направления вероятна еще и потому, что сайт NAO MY APPS в несколько раз популярнее Robot App Store.

Еще одним примером магазина приложений для роботов является MyRobots, основанный канадской компанией RoboShop. Запущенный в 2011 году, сервис изначально позиционировался как «социальная сеть для роботов». Под этим подразумевается разработка интерфейсов для подключения роботов к облачным сервисам в Интернете с целью повышения их интеллектуальности и развития возможностей взаимодействия.

Несмотря на заявления разработчиков, данная цель пока не достигнута. Магазин MyRobots сейчас предлагает лишь 19 наименований приложений, предназначенных для программирования роботов, по цене от 10 до 80 долларов США.

В настоящее время основной проблемой платформ является высокая фрагментарность рынка, отсутствие отраслевых стандартов, быстрая эволюция робототехники. Для создания по-настоящему популярной платформы требуется сформировать альянс крупных игроков рынка программного обеспечения, веб-сервисов и производителей роботов. Сегодня время магазинов приложений для роботов еще не пришло: этот сегмент пока слишком узок для того, чтобы разработчики могли окупать свои затра-

RoboShop

Канадская компания RoboShop начала свою деятельность в 2002 году. На этапе становления проект получил поддержку ряда местных институтов развития. Поначалу компания занималась выполнением консультационных и исследовательских проектов по заказу промышленных компаний и университетов, параллельно разрабатывая роботизированную газонокосилку RoboR. После вывода на рынок первого продукта компания продолжила рост за счет разработки собственных комплектующих: микроконтроллеров, сенсоров, моторов. В 2008 году она перешла к международной экспансии — стала участвовать в совместных исследованиях в США, Азии и Европе. Расширение бизнеса поддерживалось активным поглощением других проектов. Так, в 2010 году был поглощен блог Gorobotics.net, освещающий тематику робототехники. В 2012 году была приобретена компания Lynxmotion Inc., разрабатывающая собственную платформу для конструирования модульных робототехнических систем. А в 2013 году было запущено направление беспилотных летательных аппаратов на базе купленного проекта DialFonZo-Copter. Сейчас компания RoboShop занимает прочные позиции на канадском рынке сервисных роботов, а также продает свою продукцию в США и Европе.

ты. Однако по мере стандартизации платформ, распространения облачных сервисов, а также прогресса в сфере машинного зрения и голосовых интерфейсов в ближайшем будущем можно ожидать нарастания конкуренции в сегменте распространения программ для роботов между крупнейшими игроками.

2.6. Выводы

1. Несмотря на значительное внимание к робототехнике со стороны общества и инвесторов, она пока привлекает лишь незначительный объем частного финансирования. Инвестиции в робототехнику составляют менее 1% всех венчурных инвестиций США. Основным барьером для инвестиций остается низкая ожидаемая доходность и высокий риск по сравнению с проектами в области информационных технологий.

2. Основными особенностями, отличающими робототехнику от других направлений ИТ и оказывающими сдерживающее влияние на развитие отрасли, являются длительный цикл разработки, высокие издержки и потребность в специализированной инновационной инфраструктуре, обусловленные сложностью прикладных научно-технических задач, междисциплинарностью робототехники, необходимостью активного вовлечения потенциальных заказчиков и незрелостью требующихся базовых технологий.

3. Для развития робототехники критичным фактором является государственное финансирование исследований и разработок, позволяющее снизить издержки и риски для частных инвесторов. Результатами государственной поддержки НИОКР пользуются как малые, так и крупнейшие компании.

4. Ключевую роль в развитии наиболее быстро растущего сегмента отрасли — сервисной робототехники играют малые и средние инновационные компании. Рост их числа ограничен, прежде всего, дефицитом команд разработчиков.

5. Эффективными инструментами привлечения интереса к отрасли и формирования новых команд являются лаборатории инновационного творчества и конкурсы инновационных проектов.

6. Для создания значимого количества робототехнических компаний и успешной коммерциализации разработок необходима специализированная инновационная инфраструктура, располагающая лабораториями, мастерскими, испытательными центрами, оборудованием для прототипирования и налаженными связями с производственными площадками, а также предоставляющая менторов с опытом организации производства.

7. Динамика развития малых компаний существенно зависит от доступности венчурного капитала и вовлечения профессиональных инвесторов в развитие бизнеса. Объем привлеченного венчурного капитала будет расти по мере появления все большего числа примеров успешных выходов инвесторов из робототехнических проектов.

8. На данный момент на рынке робототехники основной доход производителям приносит продажа устройств. Исключением являются лишь отдельные компании промышленного сектора, самостоятельно занимающиеся инжинирингом конечных решений. По мере развития отрасли все большую роль будут играть альтернативные бизнес-модели: продажа дополнительных инструментов, аксессуаров и расходных материалов, магазины приложений, антивирусы.

Приложение 1				
Привлечение финансирования робототехническими компаниями, 2011–2014 годы				
Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
Tibion Bionic Technologies	10,20	Разработка мобильных медицинских устройств	Three Arch Partners, Hambrecht & Quist Capital Management	Март 2011
Blackaeon International	0,50	Лаборатория, специализирующаяся на вопросах искусственного интеллекта	Н/д	Апрель 2011
Orbotix	5,00	Разработка роботизированного мяча, сопряженного со смартфоном	Foundry Group, Highway 12 Ventures, SK Ventures	Апрель 2011
RedZone Robotics	0,75	Автоматизация систем очистки сточных вод	Н/д	Май 2011
ThinkLABS	5,00	Образовательная программа в области робототехники	Н/д	Май 2011
Precise Path Robotics	1,30	Разработка и производство роботов для гольфа	Н/д	Май 2011
VGo Comms	4,30	Создание визуальных коммуникационных решений для здравоохранения, мониторинга и приложений удаленного управления	Н/д	Май 2011
Restoration Robotics	2,00	Разработка робота для трансплантации волос	Н/д	Июнь 2011
Liquid Robotics	22,00	Разработка волновых планеров — роботов, способных перемещаться по воде	VantagePoint Capital Partners, Schlumberger	Июнь 2011
Aldebaran Robotics	13,00	Разработка гуманоидных роботов	Intel Capital, Innovation Capital, isource, Crédit Agricole Private Equity	Июнь 2011
Aethon	1,70	Автономные мобильные роботы для больниц	Н/д	Июль 2011
Harvest Automation	2,50	Разработка и производство сельскохозяйственных роботов	Н/д	Июль 2011
CyPhy Works	1,20	Разработка компактных летательных аппаратов	Н/д	Июль 2011
Blue River Technology	0,25	Разработка систем компьютерного зрения и автоматизированных систем	Stanford Angels and Entrepreneurs, Ulu Ventures	Июль 2011
Restoration Robotics	41,00	Разработка робота для трансплантации волос	Clarus Ventures, Sutter Hill Ventures, Alloy Ventures, InterWest Partners	Август 2011

Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
Redzone Robotics	25,00	Автоматизация систем очистки сточных вод	ABS Capital Partners	Сентябрь 2011
Blackaeon International	0,35	Лаборатория, специализирующаяся на вопросах искусственного интеллекта	Н/д	Октябрь 2011
Medrobotics	11,70	Разработка медицинской робототехники	Н/д	Ноябрь 2011
Harvest Automation	7,80	Разработка и производство сельскохозяйственных роботов	Cultivian Ventures, Life Sciences Partners, Entree Capital, Founder Collective	Ноябрь 2011
Romotive	1,50	Разработка роботов телеприсутствия	Stanford University Venture Fund, Lerer Ventures, PivotNorth Capital, David Tisch, PALgenesis, BoxGroup, VegasTechFund, David Cohen	Декабрь 2011
Precise Path Robotics	0,25	Разработка и производство роботов для гольфа	Н/д	Декабрь 2011
Prioria Robotics	2,50	Разработка интегрированных сенсоров	Н/д	Январь 2012
RedZone Robotics	8,50	Автоматизация систем очистки сточных вод	FourWinds Capital Management, Smithfield Trust Co.	Февраль 2012
Blackaeon International	0,30	Лаборатория, специализирующаяся на вопросах искусственного интеллекта	Н/д	Февраль 2012
Black-I Robotics	0,17	Разработка беспилотных летательных аппаратов	Н/д	Март 2012
Aethon	7,00	Автономные мобильные роботы для больниц	Н/д	Апрель 2012
Neato Robotics	12,20	Разработка премиальных роботов-пылесосов	Noventi Ventures, Vorwerk Direct Selling Ventures	Апрель 2012
Blackaeon International	0,90	Лаборатория, специализирующаяся на вопросах искусственного интеллекта	Н/д	Апрель 2012
Airware	0,22	Разработчик коммерческой платформы для управления беспилотными летательными аппаратами	Н/д	Май 2012
Orbotix	5,00	Разработка роботизированного мяча, сопряженного со смартфоном	Highway 12 Ventures, Foundry Group	Май 2012

Продолжение табл.

Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
RoboteX	13,80	Создание роботов для функционирования в опасных условиях и выполнения монотонной работы	Н/д	Июнь 2012
Rethink Robotics	30,00	Производство доступных промышленных манипуляторов для автоматизации малого и среднего бизнеса	Sigma Partners, Bezos Expeditions, Highland Capital Partners, CRV, Draper Fisher Jurvetson (DFJ)	Июнь 2012
RoboteX	13,80	Создание роботов для функционирования в опасных условиях и выполнения монотонной работы	Н/д	Июнь 2012
Prioria Robotics	5,50	Разработка интегрированных сенсоров	Florida Gulfshore Capital, Athenian Venture Partners, Advantage Capital Partners	Июнь 2012
Precise Path Robotics	1,30	Разработка и производство роботов для гольфа	Н/д	Июнь 2012
Pix4D	2,40	Разработка 3D-моделей	Parrot	Июль 2012
Modular Robotics	3,00	Разработка блоков для самостоятельной сборки робота	Foundry Group	Июль 2012
Tibion Bionic Technologies	1,70	Разработка мобильных медицинских устройств	Н/д	Июль 2012
Mazor Robotics	7,50	Оборудование для хирургических операций	Oracle Investment Managements Inc.	Август 2012
Ikonisys	1,40	Разработка робототехнических решений в медицинской диагностике	Н/д	Август 2012
MUJIN	0,95	Разработка решений для промышленных роботов	UTEC — The University of Tokyo Edge Capital	Август 2012
Iwalk	17,00	Разработка экзоскелетов Personal Bionics products	Gilde Healthcare Partners, WFD Ventures, General Catalyst Partners, Sigma Partners	Сентябрь 2012
Qbotix	6,50	Развитие робототехники в сфере солнечной энергетики	Draper Nexus Ventures, Siemens Venture Capital, Firelake Capital Management, New Enterprise Associates	Сентябрь 2012
Blue River Technology	3,10	Разработка систем компьютерного зрения и автоматизированных систем	Khosla Ventures	Сентябрь 2012

Продолжение табл.

Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
Romotive	5,00	Разработка роботов телеприсутствия	CrunchFund, SV Angel, Sequoia Capital, Felicis Ventures	Октябрь 2012
Myomo	3,67	Создание миоэлектрических экзоскелетов для руки	Н/д	Октябрь 2012
3D Robotics	5,00	Производство электроники для беспилотных летательных аппаратов	SK Ventures, Chris Michel, True Ventures, O'Reilly AlphaTech Ventures	Ноябрь 2012
VGo Comms	0,80	Создание визуальных коммуникационных решений для здравоохранения, мониторинга и приложений удаленного управления	Н/д	Ноябрь 2012
OR Productivity	2,00	Производство и разработка хирургических роботов	Angel CoFund, London Business Angels	Декабрь 2012
Medrobotics	33,6	Разработка медицинской робототехники	Н/д	Декабрь 2012
SterraClimb	1,50	Разработка робототехнических решений для транспорта	Н/д	Декабрь 2012
Grey Orange Robotics	—	Разработка автоматизированных складских решений	Hatch Group, Rajesh Sawhney, Blume Ventures, Samir Sood, BITS Spark Angels	Январь 2013
Bionic Robotics GmbH (BioRob)	—	Разработка автоматизированных систем для малого и среднего бизнеса	High-Tech Gruenderfonds	Январь 2013
Harvest Automation	3,20	Разработка и производство сельскохозяйственных роботов	Н/д	Февраль 2013
Liquid Robotics	45,00	Разработка волновых планеров — роботов, способных перемещаться по воде	VantagePoint Capital Partners, Riverwood Capital	Март 2013
RoboteX	2,00	Создание роботов для функционирования в опасных условиях и выполнения монотонной работы	Н/д	Март 2013
Recon Robotics	0,25	Создание тактических микро-роботов и разработка сенсорных систем	Н/д	Март 2013
Greenbotics	0,20	Создание роботов для мойки солнечных панелей	Н/д	Март 2013
Momentum Machines	0,34	Создание автоматизированной машины по производству гамбургеров	Н/д	Март 2013

Продолжение табл.

Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
Empire Robotics	0,06	Разработка механизмов для роботизированных промышленных манипуляторов	Н/д	Апрель 2013
Revolve Robotics	0,25	Разработка робототехнических решений для видеоконференций	Н/д	Апрель 2013
Airware	12,20	Разработка коммерческой платформы для управления беспилотными летательными аппаратами	Felicis Ventures, Andreessen Horowitz, First Round, Google Ventures	Май 2013
Romotive	0,50	Разработка роботов телеприсутствия	VegasTechFund	Май 2013
Orbotix	4,00	Разработка роботизированного мяча для подключения к смартфонам	Н/д	Май 2013
Anki Drive	50,00	Создание гоночной игры на основании искусственного интеллекта и робототехники	Andreessen Horowitz, Index Ventures, Two Sigma Ventures	Июнь 2013
RedZone Robotics	3,24	Автоматизация систем очистки сточных вод		Июнь 2013
Qbotix	5,00	Развитие робототехники в сфере солнечной энергетики	Draper Fisher Jurvetson, New Enterprise, Firelake Capital	Июль 2013
Neato Robotics	14,00	Разработка премиальных роботов-пылесосов	Н/д	Август 2013
VGo Comms	3,70	Создание визуальных коммуникационных решений для здравоохранения, мониторинга и приложений удаленного управления	Н/д	Август 2013
Cubic Robotics	0,10	Робот-ассистент с элементами искусственного интеллекта	Константин Сенченко	Август 2013
3D Robotics	30,00	Производство электроники для беспилотных летательных аппаратов	True Ventures, Foundry Group, SK Ventures, O'Reilly AlphaTech, Mayfield Fund	Сентябрь 2013
OR Productivity	1,60	Хирургические роботы	Angel CoFund и другие	Сентябрь 2013
OpenROV	1,30	Разработка подводных роботов	SK Ventures, True Ventures	Сентябрь 2013
Harvest Automation	11,80	Разработка и производство сельскохозяйственных роботов	Entree Capital Founder, Collective Mousse Partners, MassVentures, Life Sciences Partners	Октябрь 2013

Продолжение табл.

Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
Myomo	7,00	Создание миоэлектрических экзоскелетов для руки	Н/д	Октябрь 2013
GrabIt	3,00	Разработка систем обработки материалов и функции «захвата» для робота	ABB Technology Ventures, Nike Silicon Valley VC	Октябрь 2013
RailPod	0,10	Робот-инспектор железнодорожных путей	MassChallenge	Октябрь 2013
Rethink Robotics	11,50	Производство доступных промышленных манипуляторов для автоматизации малого и среднего бизнеса	Sigma Partners, Two Sigma Ventures, Highland Capital Partners, CRV, Bezos Expeditions, Draper Fisher Jurvetson	Ноябрь 2013
Xenex	11,30	Роботизированная установка для дезинфекции больничных помещений при помощи ультрафиолета от ксеноновой газоразрядной лампы	Richard Yoo, RK Ventures Group, Battery Ventures, Targeted Technology	Ноябрь 2013
CyPhy Works	7,00	Разработка компактных летательных аппаратов	General Catalyst Partners, Felicis Ventures, Lux Capital	Ноябрь 2013
Recon Robotics	0,10	Создание тактических микро-роботов и разработка сенсорных систем	Н/д	Ноябрь 2013
AiSoy Robotics	0,75	Разработка персональных роботов	Fundacion Everis	Ноябрь 2013
Quest Inspar	4,20	Разработка роботизированных систем для обслуживания трубопроводов	Five Elms Capital	Декабрь 2013
Kronomav Sistemas	1,20	Автоматизированная техника для видеосъемок	Clave Mayor	Декабрь 2013
Aethon	3,00	Создание автономных мобильных роботов для больниц	Mitsui	Январь 2014
Romotive	5,00	Разработка роботов телеприсутствия	Н/д	Январь 2014
Cubic Robotics	0,50	Робот-ассистент с элементами искусственного интеллекта	Константин Сенченко	Февраль 2014
Persimmon Tech	14,00	Разработка атмосферной и вакуумной робототехники для электронной промышленности	ABB Technology Ventures, Berwind Private Equity, Nidec Sankyo, Intel Capital, Bernard Gordon	Март 2014
Mekitec	2,80	Производство роботов для рентгеновского контроля продуктов питания	Inventure Fund, Finnish Industry Investment	Март 2014

Продолжение табл.

Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
Blue River Technology	10,20	Разработка систем компьютерного зрения и автоматизированных систем	Data Collective, Innovation Endeavors, Khosla Ventures	Март 2014
Gecko Robotics	0,01	Роботы для ультразвуковой диагностики оборудования угольных ТЭЦ	Ben Franklin	Апрель 2014
Empire Robotics	0,47	Разработка механизмов для роботизированных промышленных манипуляторов	Неизвестные инвесторы совместно с Buffalo Angel Network и SoundBoard Angel Fund	Апрель 2014
Saviokе	2,00	Роботы-помощники для сферы услуг	Felicis Venture, Google Ventures, Morado Venture Partners, AME Cloud Ventures	Апрель 2014
Medrobotics	21,30	Разработка медицинской робототехники	32 инвестора	Май 2014
Qbotix	12,00	Развитие робототехники в сфере солнечной энергетики	Iberdrola, E.ON	Май 2014
Revolve Robotics	0,31	Разработка робототехнических решений для видеоконференций	Draper Nexus Ventures, Flextronics	Май 2014
Orbotix	20,00	Разработка роботизированного мяча для подключения к смартфонам	Highway 12 Ventures, Foundry Group, Grishin Robotics, Shea Ventures	Май 2014
Grabit	—	Разработка систем обработки материалов и функции «захвата» для робота	Draper Nexus Ventures Flextronics	Июнь 2014
RailPod	2,50	Робот-инспектор железнодорожных путей	Н/д	Июнь 2014
Airware	25,00	Разработка коммерческой платформы для управления беспилотными летательными аппаратами	First Round, Andreessen Horowitz, Kleiner Perkins Caufield & Byers	Июль 2014
MUJIN	6,00	Разработка решений для промышленных роботов	Н/д	Август 2014
MakerBot Industries	10,00	Разработчик 3D-принтеров	Foundry Group	Август 2011
Torch Technologies	12,10	Разработка инженерных решений различного типа	Н/д	Декабрь 2011
Torch Technologies	3,00	Разработка инженерных решений различного типа	Н/д	Февраль 2012

Окончание табл.

Компания	Сумма инвестиций, млн долларов США	Сфера деятельности	Инвесторы	Дата сделки
Dauria Aerospace	—	Разработка автоматизированных решений	Tomas Svitek, Manfred Kruschke, Mikhail Kokorich, Sergey Ivanov, Dmitry Khan	Декабрь 2011
Dauria Aerospace	10,00	Разработка автоматизированных решений	Dmitry Kushaev, Sergey Ivanov, Mikhail Kokorich, Dmitry Khan	Октябрь 2012
Dauria Aerospace	20,00	Разработка автоматизированных решений	I2BF Global Ventures	Октябрь 2013
Blackaeon International	0,25	Лаборатория, специализирующаяся на вопросах искусственного интеллекта	Н/д	Апрель 2012
Blackaeon International	0,45	Лаборатория, специализирующаяся на вопросах искусственного интеллекта	Н/д	Апрель 2012

Примечание. Таблица составлена на основании открытых данных, включая www.roboticsbusinessreview.com, www.hyzook.com и www.crunchbase.com.

Приложение 2

Поглощения на рынке робототехники, 2011–2014 годы

Покупатель	Приобретаемая компания	Сумма сделки, млн долл. США	Дата	Описание покупателя	Описание покупки
Accuray	TomoTherapy	277	Март 2011	Поставщик роботизированной техники для радиохирургических операций	Разработчик решений лучевой терапии для лечения рака
Bluefin Robotics	Hawkes Remotes	—	Сентябрь 2011	Разработчик подводных беспилотников	Разработчик дистанционно управляемых транспортных средств
HDT Global	Kinea Design	—	Декабрь 2011	Поставщик военной и гражданской роботизированной техники специального назначения	Разработчик роботизированного медицинского оборудования
MULTIVAC	Trimaster Oy	—	Декабрь 2011	Производитель оборудования для упаковочных и складских процессов	Разработчик автоматизированных паллетных систем

Продолжение табл.

Покупатель	Приобретаемая компания	Сумма сделки, млн долл. США	Дата	Описание покупателя	Описание покупки
3D Systems	Vidar Systems	—	Январь 2012	Разработчик 3D-решений	Ведущий поставщик технологии для обработки изображений, специализирующийся на оборудовании для медицины и стоматологии
3D Systems	Z Corporation	—	Январь 2012	Разработчик 3D-решений	Разработчик в области трехмерного проектирования
Google Inc.	CleverSense	—	Февраль 2012	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик мобильного персонального ассистента
Amazon	Kiva Systems	775	Март 2012	Онлайн-ритейлер	Поставщик роботизированных решений для складских процессов
FMC Technologies	Schilling Robotics	—	Апрель 2012	Поставщик технологических решений для энергетической отрасли	Производитель дистанционно управляемых транспортных средств
Permira funds	Intelligrated	500	3 квартал 2012	Европейская инвестиционная компания	Поставщик автоматизированных подъемно-транспортных решений, услуг и продуктов
3D Systems	Viztu Technologies	—	Июль 2012	Разработчик 3D-решений	Разработка онлайн-платформы для трансформации картинки в 3D-модель
Helukabel	Robotec Systems	—	Июль 2012	Немецкая кабельная компания	Разработчик робототехнических кабельных и трубопроводных решений
RobotShop	Lynxmotion	—	Сентябрь 2012	Продавец персональных роботов	Производитель роботов для обучения
Irobot	Evolution Robotics	74	Сентябрь 2012	Разработчик и производитель сервисных домашних роботов	Разработчик роботов-пылесосов

Продолжение табл.

Покупатель	Приобретаемая компания	Сумма сделки, млн долл. США	Дата	Описание покупателя	Описание покупки
Lockheed Martin	Chandler/May, Inc.	—	Ноябрь 2012	Охранная компания, занимается исследованием, разработкой и производством передовых технологических систем и продуктов.	Разработчик и производитель беспилотных летательных аппаратов
Lockheed Martin	CDL Systems Ltd.	—	Декабрь 2012	Охранная компания, занимается исследованием, разработкой и производством передовых технологических систем и продуктов.	Разработчик ПО для беспилотников
FSN Capital	Troax Group	—	Январь 2013	Скандинавский фонд прямых инвестиций	Производитель ограждений, в том числе для роботизированных ячеек
3D Systems	Geomagic	55	Февраль 2013	Разработка 3D решений	Разработчик 3D-решений
Yaskawa Motoman	Agile Planet	—	Июнь 2013	Производитель промышленных роботов	Разработчик программного обеспечения для робототехники
Stryker	Mako Surgical Corp.	1650	Сентябрь 2013	Производитель медицинского оборудования и медицинских инструментов	Производитель робота-манипулятора для ортопедических операций
Bluefin Robotics	SeeByte Software	—	Октябрь 2013	Разработчик подводных беспилотников	Разработчик ПО для подводных транспортных средств
SunPower	Greenbotics	—	Ноябрь 2013	Лидер в отрасли солнечной энергетики	Разработчик роботов для мойки солнечных панелей
PaR Systems	CAMotion Inc.	—	Декабрь 2013	Специализируется на погрузочно-разгрузочных работах, аэрокосмической промышленности, автоматизации и робототехнике	Разработчик подъемно-транспортных роботизированных механизмов
Google Inc.	Holomni	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик нового типа ходовой части роботов

Окончание табл.

Покупатель	Приобретаемая компания	Сумма сделки, млн долл. США	Дата	Описание покупателя	Описание покупки
Google Inc.	Autofuss	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Креативная студия, использующая роботов для создания контента
Google Inc.	Bot & Dolly	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик нового поколения систем управления камерой для съемок
Google Inc.	Redwood Robotics	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик прототипа человеческой руки
Google Inc.	Meka Robotics	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик робота с человеческим лицом
Google Inc.	Industrial Perception	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик автоматизации складских процессов
Google Inc.	Schaft	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик человекоподобных роботов
Google Inc.	Boston Dynamics	—	Декабрь 2013	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик шагающих роботов
KUKA	Reis Robotics	—	Декабрь 2013	Производитель промышленных роботов	Немецкая технологическая компания, специализирующаяся на системной интеграции
Globus Medical	Excelsius Surgical	30	Февраль 2014	Производитель имплантов для опорно-двигательного аппарата	Разработчик хирургической роботизированной платформы для позвоночника, головного мозга и опорно-двигательного аппарата
Google Inc.	DeepMind	400	Январь 2014	Поставщик веб-сервисов, включая поиск и облачное ПО	Разработчик систем искусственного интеллекта на основе нейронных сетей
Aesynt	Health Robotics	—	Апрель 2014	Разработчик решений по комплексной автоматизации медицинских учреждений	Создатель комплексной автоматизированной системы для приготовления внутривенных препаратов

Примечание. Таблица составлена на основании открытых данных, включая www.roboticsbusinessreview.com, www.hyzook.com и www.crunchbase.com.

Глава 3. Зарубежный опыт государственной поддержки робототехники



Анализ опыта США, ЕС, Китая и Кореи показывает, что успешное развитие робототехники невозможно без существенной поддержки государства. При этом ее формы и результативность заметно отличаются.

3.1. Стимулирование развития робототехники в США

3.1.1. Военная робототехника

США являются мировым лидером в военной робототехнике. Их успехи в этой области обусловлены долгосрочной планомерной политикой властей, определяемой не только стремлением к военному превосходству, но и высокой стоимостью жизни солдат в денежном и политическом эквивалентах.

Начало целостной политике развития военной робототехники было положено в 1990 году, когда Министерством обороны США была запущена программа развития робототехники — Joint Robotics Program (JRP). Она объединила все существовавшие на тот момент инициативы Министерства обороны по робототехнике и получила 21,6 млн долларов США на финансирование НИОКР. В 2006 году JRP была переименована в Joint Ground Robotics Enterprise (JGRE) в соответствии с ее расширяющимися функциями. Основная цель организации — координация всех программ и обмен результатами исследований между

военными ведомствами. JGRE подчинена секретариату министра обороны США и Агентству по военным действиям и боеприпасам (Land Warfare and Munitions).

Деятельность JGRE

JGRE занимается развитием стратегических партнерских отношений с государственными организациями и промышленными предприятиями в целях привлечения финансовых средств, внедрения технологических достижений, ускорения исследовательских процессов и разработок. Подобное сотрудничество имеет различные формы: трансфер технологий, совместные программы с различными участниками, сотрудничество с разработчиками в других государственных органах, а также взаимодействие с гражданским обществом. Стратегическими партнерами JGRE являются Агентство перспективных оборонных исследовательских проектов (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA), Армейский центр исследований, разработки и инженерии (Army's Research, Development and Engineering Command, RDECOM), агентство Technical Support Working Group (TSWG), National Center for Defense Robotics (NCDR), Национальный институт стандартов и технологий (National Institute for Standards and Technology, NIST), национальные лаборатории и др.

В 1998 году в рамках JRP было инициировано создание единой архитектуры для беспилотных систем — Joint Architecture for Unmanned Systems (JAUS). Рабочая группа, JAUS/AS-4 WG, активно взаимодействовала с государством, академическими кругами и промышленностью с целью разработки стандартов архитектуры робототехнического ПО. С 2009 по 2010 год стандарты были закреплены законодательно и введены в использование на международном уровне.

В последние несколько лет JGRE сконцентрировала свои усилия на координации работы военных ведомств в области робототехники, а также на формулировании приоритетов ее развития. Вооруженные силы государства создают спрос на определенные технологии в рамках стратегических планов, и JGRE призвана структурировать заказы для устранения дублирования в финансируемых проектах.

Конкурсы, финансируемые и проводимые при поддержке JGRE

JGRE является одним из организаторов и спонсоров Intelligent Ground Vehicle Competition (IGVC). Этот конкурс проводится на базе Оклэндского университета в Рочестере, штат Мичиган, с 1993 года. Участвующие в нем команды должны спроектировать и построить автономное наземное транспортное средство, способное выполнить несколько определенных заданий. Ежегодно в соревновании принимают участие около 40 международных команд студентов и аспирантов.

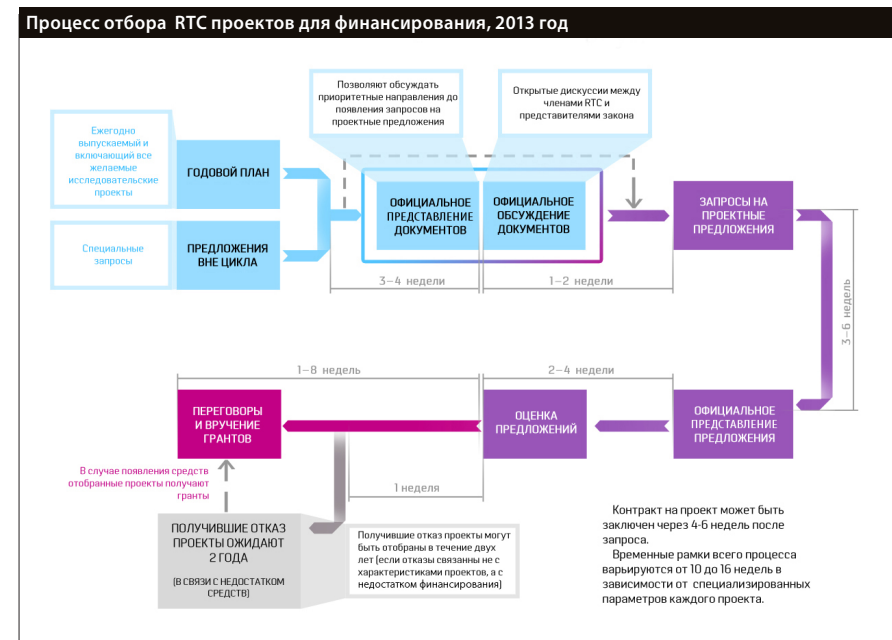
JGRE также принимает участие в организации международного технологического конкурса среди учеников средних школ — FIRST Robotics Competition (FRC), который проводится с 1992 года. Команды участников должны из стандартного набора комплекту-

ющих и запчастей за шесть недель собрать робота, который, работая автономно или под управлением человека, будет способен выполнить определенную организаторами задачу. В 2014 году в конкурсе приняли участие более 68 тыс. учащихся из 17 стран. Соревнование является популярным местным мероприятием, финал которого посетило 20 тыс. зрителей.

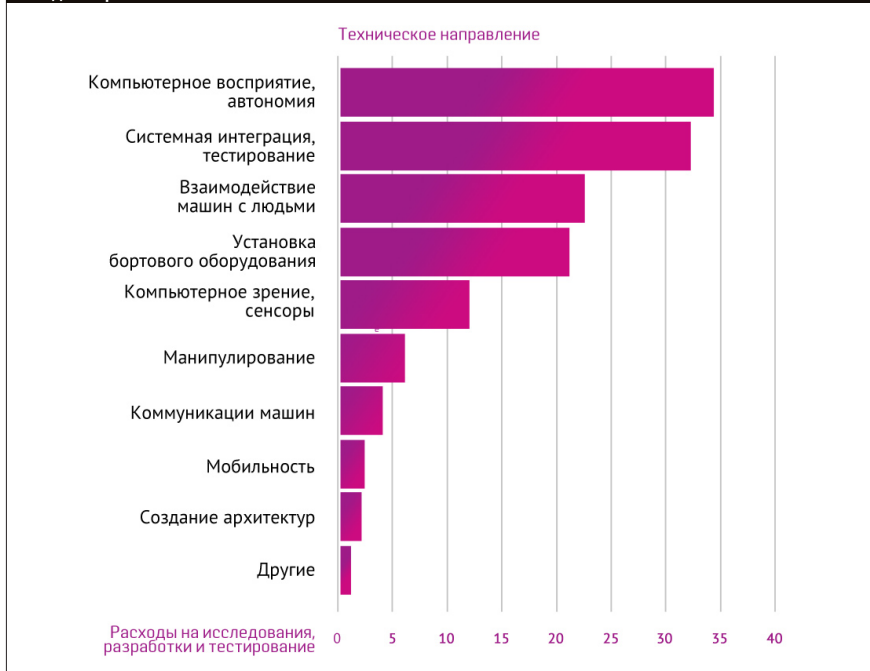
Robotics Technology Consortium, RTC

На базе JGRE в 2008 году была основана некоммерческая организация Robotics Technology Consortium (RTC), представляющая собой объединение университетов, лабораторий, компаний под эгидой Министерства обороны США. RTC получил грант от Министерства обороны в размере 170 млн долларов США на семь лет. Консорциум имеет право расходовать эти средства на гранты, контракты, а также использовать другим образом через механизм Other Transactions Agreement (OTA). OTA — специальный инструмент, не подпадающий под государственное регулирование контрактов и грантов; он используется федеральными агентствами для финансирования исследований и прикладных разработок. Распределение прав на созданную интеллектуальную собственность оговаривается отдельно в каждом договоре, так как на сделки типа OTA не распространяется акт Бэя — Доула. Акт закрепляет за университетами, малыми компаниями и некоммерческими организациями право на интеллектуальную собственность, которая создается в процессе освоения исследовательских грантов.

За период с 1 октября 2012 года по 30 сентября 2013 года консорциум использовал 70 млн долларов США на финансирование 65 проектов. Наибольшая их часть относится к системной

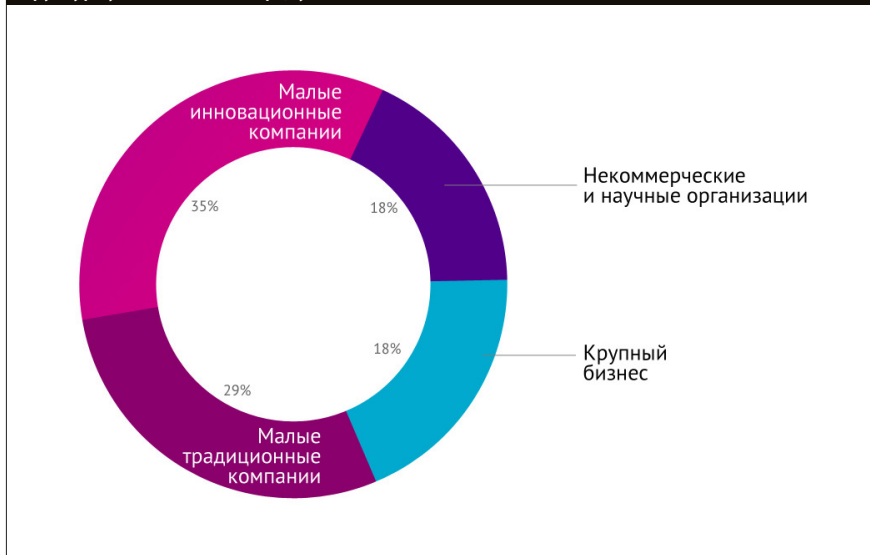


Распределение по секторам проектов, профинансированных RTC в 2013 финансовом году, млн долларов США



Источник: UTARI on the Robotics Technology Consortium: [электронный ресурс] / The University of Texas at Arlington Research Institute. — P. 9. — URL: http://www.uta.edu/utari/_downloads/seminars/rtc-slides.pdf

Структура участников консорциума RTC



Источник: UTARI on the Robotics Technology Consortium: [электронный ресурс] / The University of Texas at Arlington Research Institute. — P. 6. — URL: http://www.uta.edu/utari/_downloads/seminars/rtc-slides.pdf

интеграции и испытаниям, исследованиям в области искусственного интеллекта (машинное зрение, распознавание образов, понимание речи) и повышению автономности (способность робота самостоятельно выполнять поставленные задачи без участия оператора).

На сентябрь 2013 года консорциум насчитывал 105 участников. Среди них наибольшую долю занимают инновационные компании — 35% от общего числа членов, затем идут традиционные небольшие компании — 29%; крупный традиционный бизнес составляет 17%.

В 2012–2013 годах произошли структурные изменения в JGRE, а также в финансовой системе консорциума RTC. В связи со стагнацией американской экономики бюджетные средства, выделяемые государством на исследования существенно сократились, поэтому JGRE сконцентрировала свое внимание на увеличении эффективности. В 2013 году был создан Defense Ground Robotics Alliance (DGRA), которому были переданы функции JGRE, связанные с управлением финансовыми средствами, а также с администрированием сделок типа OTA. Альянс DGRA занимается также управлением средствами консорциума RTC. В рамках альянса была выработана модель ускоренного получения финансирования от консорциума RTC.

В новой модели количество критериев отбора приоритетных проектов существенно сокращено, что позволяет уменьшить время для принятия решения о финансировании до 10–16 недель.

В августе 2014 года консорциум RTC заявил об изменении собственного формата — создании National Advanced Mobility Consortium, Inc. (NAMC). Изменение было связано в первую очередь с получением разрешения на использование нового формата сделок OTA, который позволяет применять упрощенные схемы финансирования различных проектов. Все члены RTC автоматически стали участниками консорциума NAMC.

DARPA

Агентство перспективных оборонных исследовательских проектов (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) было основано в 1958 году. Оно подчиняется Министерству обороны США и отвечает за разработку новых технологий, которые могут быть использованы в военных целях. Общий бюджет на 2015 год составляет 2,9 млрд долларов США.

Агентство состоит из семи подразделений, каждое из которых занимается определенными проектами. С робототехникой связаны сразу несколько из них:

- ♦ подразделение адаптивного управления (Adaptive Execution Office, AEO) занимается исследованиями сферы адаптивных платформ и архитектур, модульных аппаратных средств, многофункциональных информационных систем;
- ♦ подразделение оборонных исследований (Defense Sciences Office, DSO) отвечает за фундаментальные разработки в области физики, энергетики, математики и новых материалов;
- ♦ подразделение тактических технологий (Tactical Technology Office, TTO) занимается современными системами вооружения и разработкой беспилотных транспортных средств.

Этапы развития JGRE



Поддержка государства: пример RE2

Примером успешной компании, получившей финансирование RTC, может служить RE2 (Robotics Engineering Excellence). Она является спин-оффом университета Карнеги-Меллон и специализируется на военных роботах.

RE2 была создана в 2001 году для работы над программой DARPA Perceptor. После успешного выполнения контракта по созданию платформы для беспилотных наземных аппаратов RE2 была приглашена JGRE для участия в программе Dragon Runner. В 2006 году компания получила поддержку в рамках SBIR. За период с 2005 по 2013 год компания RE2 получила от государства в рамках программы поддержки SBIR более 9 млн долларов США на реализацию 14 проектов. Компания выполняла заказы для армии США, ВМС, ВВС, DARPA и консорциума RTC.

Финансирование проектов компании RE2, тыс. долларов США

Проект	Этапы реализации проекта	
	I	II
Модульная платформа для небольших роботов (Small Robot Infrastructure Toolkit)	68,2	739,8
Высокоскоростное транспортное средство для наблюдения (Highly-Maneuverable High-Speed Inspection Vehicle)	69,9	729,7
Манипулятор для небольших роботов (Dexterous Manipulation System for Small Robots)	99,9	1869,6
Роботизированное устройство для ухода за больными (Robotic Nursing Assistant, RNA)	69,9	729,9
Система планирования маршрутов на основе оценки рисков (Advanced Risk-Based Route Planning System)	99,9	—

Окончание табл.

Проект	Этапы реализации проекта	
	I	II
Роботизированная система открывания дверей (Robotic Door-opening Kit, RDK)	69,9	723,1
Продвинутое планирование маршрутов для военного использования (Advanced Path-Planner for Militarily Relevant Environments)	98,9	—
Дополнительное оборудование для военных роботов (Tangential Rotary-impact Tool (TRT) for MTRS robots)	79,9	743,4
Полуавтономный манипулятор (Semi-Autonomous Manipulator System, SMS)	69,8	—
Модульная интеллектуальная система с интуитивным контролем (Modular Intelligent Manipulation system with Intuitive Control, MIMIC)	119,9	1222,7
Система манипулирования (Highly Dexterous Manipulation System, HDMS)	69,8	729,9
Устройство для тестирования движений с 6 степенями свободы (6-DOF Motion Test Apparatus (MTA) for Characterizing the Dynamic Properties)	99,7	499,7
Автоматизированная система нанесения покрытий на воздушное судно (Automated Aircraft Inlet Coating (A2IC) System)	149,9	—
Технология скрытой передачи данных для военных роботов (Robust End-to-End Trust (RE2ET))	149,9	—
Итого		9303,3

Источник: Официальный сайт правительства США <http://www.sbir.gov>.

В 2011 году RE2 вошла в первую десятку рейтинга наиболее быстро растущих инженерных компаний в США по версии делового журнала Magazine Inc.

На счету у DARPA уже есть яркие результаты. Среди них шагающий военный робот LS3, беспилотный грузовик Cargo UGV и используемый в военных операциях робот-разведчик UGV Dragon Runner.

Поддержка робототехники агентством DARPA осуществляется в форме финансирования отдельных разработок в области военной робототехники, а также проведения конкурсов и программ по созданию роботов.

Darpa Robotics Challenge (DRC)

Главная цель конкурса Darpa Robotics Challenge (DRC) — создание робота, способного действовать в экстремальных условиях. DRC — проект подразделения тактических технологий Агентства передовых оборонных исследовательских проектов (TTO DARPA).

DRC стартовал в 2012 году, финал состоится в 2015 году. Первый этап представлял собой соревнование по созданию программного обеспечения. На втором этапе командам нужно было построить робота, способного автономно разобрать завал из мусора, провести транспортное средство по узкому коридору, пройти через подобие лабиринта. На прошедшем в декабре 2013 года втором этапе победил японский робот компании SCHAFT.

Участвующие в конкурсе команды разделены на четыре группы по двум критериям. Первый критерий — финансирование от DARPA или от сторонних спонсоров. Второй критерий — участие в разработке только программного обеспечения на базе робота Atlas от Boston Dynamics или разработка собственной платформы. На этапе создания программного обеспечения в конкурсе приняли участие 26 команд, на втором этапе — шестнадцать. Победитель второго этапа компания SCHAFT в конце 2013 года была приобретена корпорацией Google.



DARPA

Робот команды Tartan Rescue из робототехнической лаборатории университета Карнеги-Меллона пытается справиться с заданием — самостоятельно открыть дверь

На организацию и проведение конкурса, а также на финансирование отдельных команд в 2012 году было затрачено 8 млн долларов США, в 2013-м — более 14 млн долларов США, а на 2014 расходов по программе год запланировано на 9,6 млн долларов США.

Autonomous Robotic Manipulation Program

В 2010 году была запущена программа Autonomous Robotic Manipulation (ARM). Ее цель —

Cargo UGV

Грузовое беспилотное наземное транспортное средство (Cargo Unmanned Ground Vehicle, Cargo UGV) — еще один пример успеха JGRE. Это серия автомобилей, способных осуществлять перевозку груза на несколько сотен километров без участия водителя или дистанционного оператора.

Разработкой Cargo UGV по заказу Министерства обороны США занимался крупнейший мировой производитель военной грузовой техники корпорация Oshkosh совместно с Национальным робототехническим инженерным центром (National Robotic Engineering Center, NREC). В их задачу входило создание автомобильной техники, способной передвигаться в составе колонн из управляемых и неуправляемых машин как автономно, так и с помощью дистанционного управления или с водителем. В процессе создания автомобилей были использованы новые технологические решения, в том числе в сфере распознавания окружающего пространства. Машина создает виртуальную трехмерную модель окрестностей с помощью набора камер, лазерных и инфракрасных сенсоров. Для распознавания каждого объекта используется несколько различных датчиков, что позволяет машине отличать дым или облака пыли от твердых препятствий. Система анализирует окружающую поверхность для выяснения возможности или невозможности продвижения по ней, а также с целью выбора подходящей скорости. Для успешного передвижения по городской местности установлено программное обеспечение, позволяющее машине распознавать дорожные знаки и двигаться в соответствии с правилами дорожного движения.

В 2012 году UGV прошли испытания на базе Форт Пикетт. В рамках тестирования беспилотные и пилотируемые машины шли в одной колонне. В 2014 году Управление военно-морских исследований (U.S. Office of Naval Research) сообщило о продолжении разработки Cargo UGV. Компания Oshkosh, являясь участником технологического консорциума RTC (а после изменений — NAMC), продолжит совместную работу над проектом с Национальным робототехническим центром (National Robotics Engineering Center, NREC).

UGV Dragon Runner

UGV Dragon Runner — робот-разведчик, разработанный университетом Карнеги-Меллон совместно с лабораторией Корпуса морской пехоты по заказу JGRE. Робот был создан в 2002–2003 годах. Его первое использование в военных действиях состоялось в мае 2007 года в Ираке в ходе операции «Освобождение Ирака».

Стандартная модель робота весит около 6 кг, передвигается при помощи гусеничного хода с максимальной скоростью 10 км/ч. Робот используется для разведки местности и осмотра зданий, а также может помогать человеку при расчистке маршрутов и обезвреживании взрывоопасных предметов.

В мае 2007 года компания-разработчик была куплена британской корпорацией QinetiQ, выпускающей робота в военном варианте, а также в виде компактной гражданской версии.

создание автономной роботизированной руки, способной без дополнительного вмешательства человека выполнять манипуляции с различными предметами. Результаты этой программы могут быть применимы в том числе в военных целях. Программа состоит из трех последовательных частей:

- 1) **разработка программного обеспечения:** исполнители должны были создать ПО для робота, способного выполнить ряд действий, например бросить мяч и открыть дверь;
- 2) **создание аппаратного обеспечения:** исполнители должны были разработать надежную недорогую роботизированную руку для выполнения заданий;
- 3) последняя часть — **предоставление публичного доступа** к результатам первых двух этапов, что дает возможность любому пользователю участвовать в написании ПО роботизированной руки.

Первые два этапа программы завершены. Разработкой программного обеспечения занимались команды из iRobot, университета Карнеги-Меллона, компании HRL Laboratories, NASA-Jet Propulsion Laboratory (Лаборатория реактивного движения NASA), SRI International и Университета Южной Калифорнии. Разработкой аппаратного обеспечения занимались команды из iRobot, Sandia National Laboratories и SRI International. На данный момент реализуется третий этап программы.

В 2011 году на финансирование программы ARM было потрачено 20,5 млн долларов США, в 2012-м — 15,7 млн долларов США, в 2013-м — 6,8 млн долларов США, на 2014 год под программу выделено 3,5 млн долларов США.

На момент анонсирования программы ARM средняя стоимость роботизированной руки, используемой в военных нуждах, составляла порядка 50 тыс. долларов США. После завершения первых двух этапов программы стоимость созданной роботизированной руки составила около 3 тыс. долларов США (при условии заказа на тысячу и более экземпляров). У этой руки есть три гибких пальца, которые могут захватывать предметы различной формы и размера.

Планы развития военной робототехники

В апреле 2009 года по заказу Министерства обороны США было подготовлено исследование о беспилотных аппаратах «Дорожная карта на 2009–2034 годы» (“FY2009–2034 Unmanned Systems Integrated Roadmap”). В рамках этого документа рассмотрено будущее развитие воздушных, наземных и морских беспилотных аппаратов на протяжении 25 лет. В документе выделены приоритетные военные направления, в которых беспилотники могут быть эффективно использованы для следующих задач:

- ♦ разведка и наблюдение;
- ♦ идентификация целей;
- ♦ обезвреживание взрывчатых веществ;
- ♦ химическая, биологическая и радиационная разведка.

Для того чтобы достичь значительных успехов за 25 лет, должны быть улучшены основные характеристики аппаратов: автономность систем, скорость, маневренность, скрытность, чувствительность сенсоров.

На 2015 год запланировано потратить на исследования и разработки беспилотных аппаратов 6,7 млрд долларов США. В 2013 году эта цифра составила 2,7 млрд долларов США.

JGRE считает, что для дальнейшего развития военной робототехники наибольшее значение имеют открытые архитектуры, правительственные права собственности на результаты интеллектуальной деятельности, а также стандарты совместимости.

3.1.2. Гражданская робототехника

Интерес государства к военной робототехнике позволил США добиться впечатляющих успехов. Однако недостаток государственного внимания привел к потере лидерства по другим направлениям. Первые робототехнические изобретения, как правило, связаны с исследовательской деятельностью американских университетов (создание первой роботизированной руки, первого самостоятельно движущегося механизма и т.д.), но ведущие позиции в применении этих технологий были заняты другими странами: Япония является лидером по созданию гуманоидных роботов, она же лидирует в производстве промышленных роботов вместе с Германией, Южной Кореей и Китаем; в области персональных роботов значительных успехов добились Япония и Южная Корея.

В 2006 году Всемирный центр оценки технологий (World Technology Evaluation Center, WTEC) провел по заказу правительства и Национального научного фонда США (National Science Foundation, NSF) исследование «Международная оценка исследований и разработок в области робототехники». В нем было признано, что США потеряли свое превосходство в промышленной робототехнике уже в конце 1980-х и существует риск потери ведущих позиций и в других сегментах. На момент проведения сравнительного исследования США лидировали в технологиях навигации на открытом воздухе, разработке архитектуры роботов, в военных, космических, подводных решениях. На современном этапе существует высокая вероятность потери лидерских позиций в создании персональных и промышленных роботов, гуманоидов, в прикладных исследованиях и организации сотрудничества между университетами, промышленностью и государством.

Среди причин подобного отставания были названы отсутствие национальной стратегии развития робототехники и недостаточное государственное финансирование. Быстро изменения ситуации не произошло. В 2009 году по заказу Компьютерного консорциума (Computing Community Consortium, CCC) и Ассоциации компьютерных исследований (Computing Research Association, CRA) был подготовлен отчет «Дорожная карта американской робототехники: от Интернета к роботам». Он констатировал наличие все тех же проблем:

- ♦ финансирование НИОКР в области робототехники в США в относительных величинах на порядок ниже, чем в Японии, Корее, Европейском союзе;

- ♦ отсутствие единой политики в области робототехники: фрагментарная поддержка со стороны отдельных государственных ведомств, разобщенное финансирование проектов крупными корпорациями, разрозненность университетских программ по робототехнике.

В 2011 году проблема была признана на высшем уровне: администрация президента США подготовила доклад «Об обеспечении лидерства США в отраслях передовой промышленности». В нем отмечена потеря американцами лидерства в различных отраслях. Одним из 26 «утраченных» технологических направлений является робототехника.

Национальная робототехническая программа NRI

В июне 2011 года во время визита в университет Карнеги-Меллон президент США Барак Обама объявил о создании Национальной робототехнической программы (National Robotics Initiative, NRI) как части более широкого комплекса мер по возрождению американской промышленности «Партнерство в области передовой промышленности» (Advanced Manufacturing Partnership, AMP). Программа AMP нацелена на создание общей платформы для промышленности, университетов и государственных агентств с целью совместного финансирования информационных технологий, биотехнологий и нанотехнологий. Цель программы — создание рабочих мест для высококвалифицированных специалистов и потенциала для технологического прорыва, развитие новых рынков.

Программа NRI создана с целью повышения эффективности финансирования робототехники и охватывает государственные ведомства, заинтересованные в ее развитии. Она подразумевает выделение дополнительных средств и определяет условия финансирования фундаментальных и прикладных исследований в области робототехники.

До создания программы NRI Национальный научный фонд (National Science Foundation, NSF) критиковали за расточительное и неэффективное использование средств в процессе финансирования робототехнических проектов. К примеру, сенатор Том Кобурн из Оклахомы утверждал, что «доллар, потерянный на ошибках менеджмента, мошенничестве, неэффективности или на невыгодном проекте, мог бы стать долларом, вложенным в научные открытия». К числу самых бесперспективных проектов сенатор отнес в частности, разработку робота PR2, складывающего полотенца, для создания которого NSF выделил грант в размере 1,5 млн долларов США, «но при этом он складывает одно полотенце за 25 минут».

В программе NRI принимают участие Национальный научный фонд, Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration, NASA), Министерство здравоохранения и Министерство сельского хозяйства США.

В рамках программы NRI четыре министерства в зависимости от выделенного бюджета каждый год будут направлять от 30 до 50 млн долларов США на фундамен-

тальные и прикладные исследования. Средства могут быть предоставлены в форме грантов, кооперативных соглашений или с помощью ОТА. Представители ведомств принимают активное участие в НИОКР с момента предоставления средств.

Поддержка стартапов в США осуществляется через программы «Инновационные исследования в малом бизнесе» (Small Business Innovation Research, SBIR) и «Трансфер технологий для малого бизнеса» (Small Business Technology Transfer, STTR), которые реализуются, так же как и программа NRI, каждым ведомством самостоятельно.

Программа NRI нацелена на создание нескольких типов роботов с разным применением:

“Co-worker”:

- ♦ хирургия,
- ♦ ортопедические протезы,
- ♦ промышленность и автоматизация;

“Co-inhabitant”:

- ♦ сервис,
- ♦ логистика;

“Co-explorer”:

- ♦ беспилотные транспортные средства,
- ♦ интеллектуальная транспортировка,
- ♦ мониторинг, инспектирование;

“Co-defender”:

- ♦ безопасность.

Министерство здравоохранения и Министерство сельского хозяйства выделяют от 100 до 250 тыс. долларов США в год проектам, длящимся от одного до трех лет. Средства можно использовать только на расходы, непосредственно связанные с исследованием и разработкой новой технологии (зарплата исследователей, расходные материалы, оборудование и т.д.).

Национальный научный фонд и Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства выделяют на каждый проект от 100 тыс. до 1 млн долларов США в год.

С момента создания инициативы NRI Национальный научный фонд выделил более 75 млн долларов США на различные проекты. Из этой суммы в 2012 году 27,4 млн долларов США было направлено в виде грантов на 37 проектов, в 2013-м 29,6 млн — на 46 проектов на грантовой основе, за девять месяцев 2014 года — 18,4 млн долларов США в виде грантов на 32 проекта. Большинство из них было выдано высшим учебным заведениям, в рамках которых ведутся фундаментальные исследования в области робототехники.

Финансируемые проекты подразделяются по объему выделяемых средств на:

- 1) мелкие (длительность проектов от года до пяти лет);
- 2) крупные (длительность проектов от трех до пяти лет, обязательное условие — проекты должны быть мультидисциплинарными).

Финансирование проектов в рамках программы NRI

Проекты NSF задействуют три или более исследовательских команд.

- ♦ В 2012 году NSF профинансировал совместный проект Университета Джона Хопкинса, Университета Калифорнии, Калифорнийского университета в Беркли, Стенфордского университета и Калифорнийского университета в Санта-Крузе на сумму 3,5 млн долларов США. Исследование связано с разработкой системы взаимодействия «человек — робот» (Multilateral Manipulation by Human — Robot Collaborative Systems).
- ♦ В 2013 году с финансированием 3,6 млн долларов США был запущен совместный долгосрочный проект по созданию системы ситуационного анализа взаимодействий робота с человеком (Complementary Situational Awareness for Human — Robot Partnerships). В исследовании принимают участие Университет Вандербильта, Университет Джона Хопкинса, университет Карнеги-Меллон.
- ♦ В 2013 году были выделены средства на проект по созданию андроидного робота для манипулирования крупными объектами и их транспортировки (Human — Robot Coordinated Manipulation and Transportation of Large Objects). Общая сумма проекта составила 2,7 млн долларов США, участие в нем принимают: Университет Дрекселя, Университет Лас-Вегаса (Невада), Университет Миннесоты, Университет Пенсильвании, Университет Делавэра, Университет Иллинойса.
- ♦ В 2014 году рамках исследовательского проекта по использованию механики сыпучих тел для моделирования движений роботов (Exploiting Granular Mechanics to Enable Robotic Locomotion) университет Карнеги-Меллон, Опытная инженерная станция Техаса и Georgia Tech Research Corporation получили 1 млн долларов США на разработку новых механизмов передвижения.

Министерство сельского хозяйства в 2013 году выделило средства на пять долгосрочных проектов — в общей сумме 4,5 млн долларов США. Гранты были выданы:

- ♦ Калифорнийскому университету в Дэвисе для разработки робота по сбору клубники (1,1 млн долларов США);
- ♦ Университету Центральной Флориды на разработку робота, способного отслеживать на ранней стадии заболевания у растений (1,2 млн долларов США);
- ♦ Университету Флориды на проект по созданию робота — сборщика цитрусовых (660 тыс. долларов США);
- ♦ Университету Небраски для разработки полуавтоматических летательных аппаратов, собирающих информацию и образцы воды (956 тыс. долларов США);
- ♦ Государственному университету Вашингтона для создания робота по сбору фруктовых плодов с деревьев (548 тыс. долларов США).

Национальные институты здравоохранения в 2012 году выделили 4,4 млн долларов США на шесть долгосрочных робототехнических проектов, востребованных в медицине.

Кластеры

Кластер — это географически ограниченное сообщество, достаточное для формирования критической массы специализированных услуг, ресурсов и поставщиков.

В США можно выделить три робототехнических кластера: Массачусетский, Питтсбургский и кластер Кремниевой долины. Всем им присущи две характерные черты:

- 1) большая зависимость от государственных контрактов и закупок;
- 2) их основой являются сильные высшие учебные заведения.

Робототехнические кластеры стали фундаментом для развития крупнейших компаний, производящих роботов.

Сравнительная характеристика трех кластеров			
	Массачусетс	Кремниевая долина	Питтсбург
Крупные компании	iRobot, Boston Dynamics	SRI International, Adept Technology	RedZone Robotics, RE2
Венчурный капитал, доля сделок в робототехнике в США за 2011 год	18%	49%	18%
Государственное финансирование робототехники (по штату) в 2013 году (контракты, гранты)	131,6	59,4	48,1
Отрасли специализации	Медицина, образование, специализированные компоненты	Интернет-компании	Медицина; компании, специализирующиеся на ПО и дизайне
Источники кадров	Массачусетский технологический институт, Гарвардский университет, Вустерский политехнический институт	Стэнфордский университет, Калифорнийский университет в Беркли	Университет Карнеги — Меллона
Инкубаторы	Более 10 инкубаторов	Более 15 hardware-инкубаторов, акселераторов	Несколько hardware-инкубаторов
Количество выданных NSF грантов по штату (2011–2014 годы)	18	17	14

Источники: информационный робототехнический портал www.hizook.com, информационный портал www.mercurynews.com, официальный сайт National Science Foundation www.nsf.gov.

Массачусетский кластер

Массачусетский робототехнический кластер является наиболее сильным в Америке. По данным MassTLC, в нем работает более 3,2 тыс. и человек; за период

с 2005 по 2011 год в робототехнические проекты было инвестировано более 200 млн долларов США, средний рост доходов с 2008 по 2011 год составил 11%.

Резиденты кластера были первопроходцами во многих сферах. На территории кластера были впервые в мире созданы:

- ♦ роботизированные транспортные средства для сопровождения пехоты;
- ♦ роботы, имитирующие поведение человека (behavior based robots);
- ♦ первые сервисные роботы по уходу за больными.

Кластер является лидером в следующих направлениях:

- ♦ создание роботизированных протезов;
- ♦ промышленная робототехника для полупроводникового производства;
- ♦ сервисная домашняя робототехника (пылесосы, газонокосилки и т.д.);
- ♦ сервисная робототехника для складской логистики.

История возникновения кластера

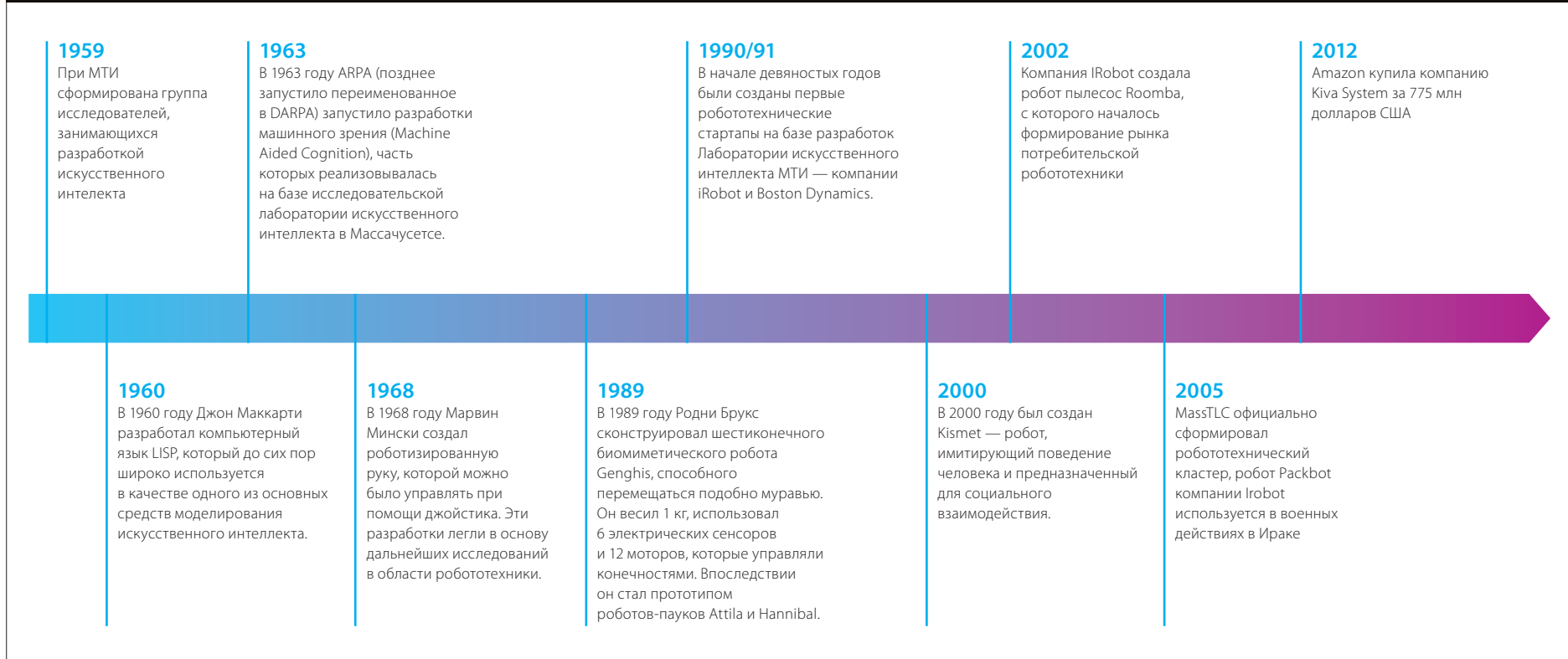
Возникновение робототехнического кластера в Массачусетсе началось с появления группы исследователей искусственного интеллекта в Массачусетском технологическом институте (МТИ) в конце 1950-х годов. На базе лаборатории искусственного интеллекта началось проведение ряда исследований по конструированию роботизированных манипуляторов. Часть из них финансировалась Министерством обороны США.

Инфраструктура кластера

К ключевым объектам инфраструктуры кластера относятся:

- ♦ **высшие учебные заведения**, расположенные в Массачусетсе: Бостонский университет, Университет Брандейса, Университет Брауна, Гарвардский университет, Массачусетский технологический институт, Северо-Восточный

Хронология развития Массачусетского робототехнического кластера



университет, Инженерный колледж им. Франклина В. Олина, Университет Тафтса, Университет Лоуэлла (Массачусетс), Массачусетский университет в Амхерсте, Вустерский политехнический институт, Океанографический институт Вудс-Хола;

- ♦ **национальные лаборатории.** Лаборатория им. Линкольна Массачусетского технологического института, финансируемая из федерального бюджета, занимается технологиями национальной безопасности. Среди ее ключевых компетенций — фундаментальные исследования в области освоения космоса, ракетных технологий, разведки и систем связи. В 2008 году лаборатория создала робототехническую программу (Robotics Outreach at Lincoln Laboratory, ROLL), которая призвана стимулировать интерес к отрасли у молодых специалистов путем спонсирования команд для участия в национальных и международных робототехнических конкурсах, организации рабочих встреч и соревнований на базе лаборатории, а также проведения ежегодных демонстрационных робототехнических мероприятий;
- ♦ **лаборатории университетов.** Большое количество университетов в Массачусетсе имеют лаборатории, которые прямо или косвенно связаны с робототехникой. Среди них медиа-лаборатория при МТИ (MIT Media Lab), лаборатория искусственного интеллекта при МТИ (MIT Artificial Intelligence Lab), лаборатория робототехники в Гарварде (Harvard University's Robotics Lab), Морской научный центр Северо-Восточного университета (Northeastern University's Marine Science Center) и др.;
- ♦ **некоммерческие организации.** Лаборатория Дрейпера — центр, сосредоточенный на передовых технологиях в области безопасности, освоения космоса, здравоохранения и энергетики. Среди разработок есть малый робот-беспилотник Nano Air Vehicle, созданный совместно с МТИ, Гарвардом и компанией Daedalus Flight Systems на средства, предоставленные DARPA. Помимо исследовательской деятельности центр занимается организацией научных фестивалей и мероприятий, проведением стипендиальных конкурсов;
- ♦ **венчурные фонды.** Поддержкой робототехнических проектов на ранних стадиях занимается инкубатор Bolt, основанный в 2013 году. Каждые полгода он отбирает 10 проектов, не привлекавших ранее венчурный капитал. Компаниям выдается сумма в размере до 100 тыс. долларов США для создания прототипа в течение шести месяцев. Кроме финансовой поддержки Bolt предоставляет необходимое оборудование и консультационные услуги. Инвестициями в компании на более поздних этапах занимаются венчурные фонды.

Согласно опросу, проведенному MassTLC, из 20 респондентов — компаний, работающих в рамках кластера, только четыре финансируются при помощи венчурного капитала, остальные получают средства из других источников, важнейшими из которых остаются государственные гранты и контракты на исследования и разработки.

В 2005 году некоммерческая организация MassTLC объявила о создании ассоциации Robotics Cluster MA. В рамках поддержки Robotics Cluster MA в феврале 2009 года MassTLC выпустила отчет о робототехнической отрасли в Массачусетсе, который включал в себя дорожную карту приоритетных направлений развития. В рамках MassTLC регулярно проходят встречи робототехнических компаний "Robotics Summit: The Future of Robotics".

Масштаб, специализация, объемы

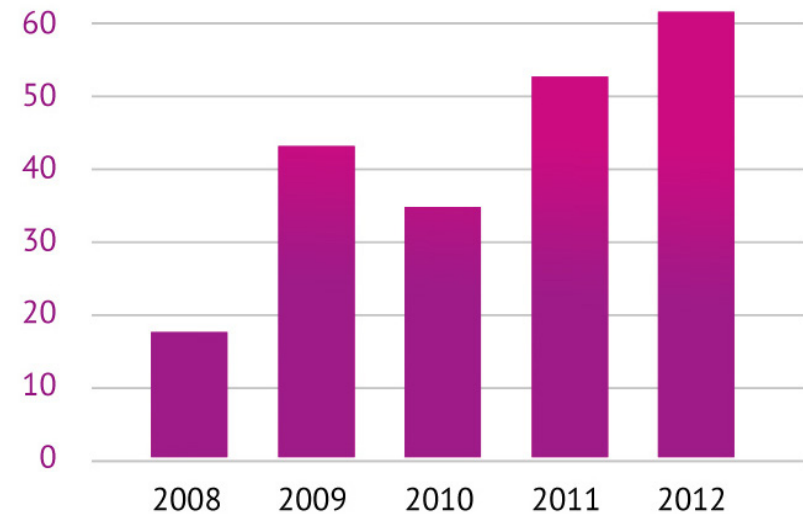
Доказательством успеха кластера является динамика его основных показателей.

Основные показатели кластера робототехники в Массачусетсе за 2008–2011 годы			
	2008	2011	Прирост, %
Продажи, млрд долларов США	1,3	1,9	45
Занятость, чел.	2 300	3 200	39
Инвестиции частного сектора, млн долларов США	17,7	52,4	200
Количество инвестиционных сделок, шт.	3	8	167
Объемы выходов, млн долларов США	80	775*	869

* Данные за 2012 год.

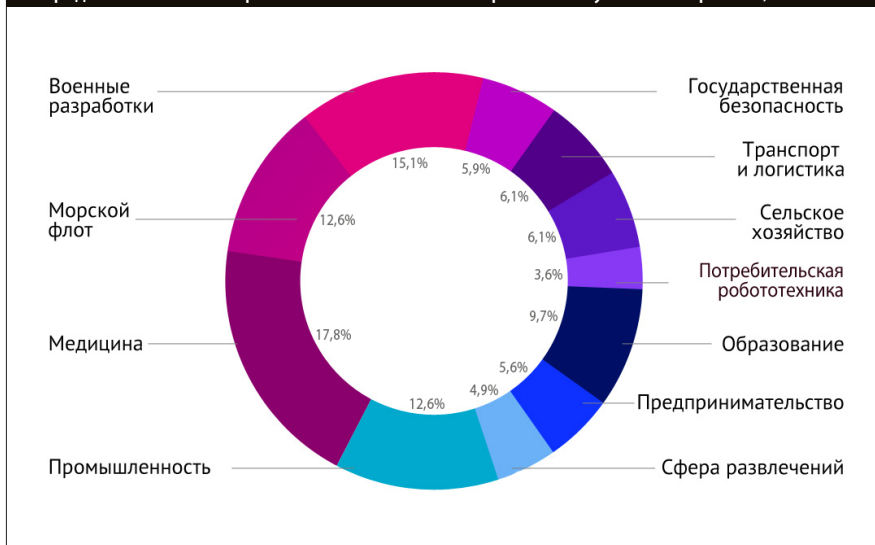
Источник: The Massachusetts robotics revolution: inspiring innovation, driving growth and competitiveness in leading industries: [электронный ресурс]. — URL: http://c.yimcdn.com/sites/www.massitc.org/resource/resmgr/annual_reports/masstlc_robotics_final_web.pdf

Объем инвестиций в робототехнические компании в Массачусетсе, млн долларов США



Источник: The Massachusetts robotics revolution: inspiring innovation, driving growth and competitiveness in leading industries: [электронный ресурс]. — URL: http://c.yimcdn.com/sites/www.massitc.org/resource/resmgr/annual_reports/masstlc_robotics_final_web.pdf

Распределение компаний робототехнического кластера в Массачусетсе по отраслям, %



Источник: The Massachusetts robotics revolution: inspiring innovation, driving growth and competitiveness in leading industries: [электронный ресурс]. — URL: http://cymcdn.com/sites/www.massttc.org/resource/resmgr/annual_reports/massttc_robotics_final_web.pdf

По данным MassTLC, несмотря на серьезную экономическую рецессию в стране, за период с 2008 по 2011 год в кластере было создано дополнительно 1050 новых рабочих мест и 18 новых робототехнических стартапов различных направлений. Вложения венчурного капитала в компании этого сектора увеличились с 17,6 млн долларов США в 2008 году до 52,4 млн в 2011-м. За три квартала 2012 года было инвестировано более 60 млн долларов США.

Кластер Кремниевой долины

С начала компьютерной революции в 1960-х годах Кремниевая долина стала центром технологических инноваций. На территории региона сконцентрирована треть венчур-

ных инвестиций в США, что является мощным фактором развития робототехнического кластера и его отличительной чертой.

История формирования робототехнического кластера в Кремниевой долине начинается свой отсчет с создания первого мобильного робота Shakey, который разрабатывался в Центре искусственного интеллекта при Стэнфордском исследовательском институте (сейчас SRI International) с 1966 по 1972 год под руководством Чарльза Росена.

Кластер поддерживает коммерциализацию робототехнических продуктов через их техническое, финансовое и стратегическое продвижение. Крупные игроки среди участников: Adept Technology (ведущий поставщик в мировом масштабе интеллектуальных систем и систем машинного зрения), Bosch, SRI International (независимый некоммерческий исследовательский институт) и Willow Garage (разработчик аппаратного и программного обеспечения с открытым исходным кодом для персональных роботов).

Питтсбургский кластер

Питтсбургский кластер является третьим по величине и по значению для робототехники в США. Его основой является Университет Карнеги-Меллона (Carnegie Mellon University, CMU).

История формирования кластера начинается с создания в 1979 году на базе университета робототехнического института. Он был основан для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области робототехники. В 1988 году на базе института была создана программа PhD для специалистов в области разработки роботов.

Робототехнический институт CMU на данный момент ведет более 100 проектов; основными государственными спонсорами являются DARPA, Министерство обороны США, NASA, NSF. Его ежегодный бюджет составляет более 65 млн долларов США.

В 1981 году на базе робототехнического института был завершен проект по созданию механической руки CMU DD Arm I. Она имела шесть степеней свободы, могла двигаться в пространстве радиусом 1 м, максимальная скорость движения

Этапы формирования кластера робототехники в в Питтсбургском кластере



Источник: официальный сайт Университета Карнеги — Меллона http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=247.

составляла 4 м/с. Общий вес аппарата 250 кг. В 1984 году была представлена механическая рука второго поколения CMU DD Arm II. Вторая модель была существенно улучшена: общая масса аппарата составила 35 кг, рабочая площадь увеличилась до 1,8 м².

В 1984 году было создано первое беспилотное транспортное средство Terregator (Terrestrial Navigator) для исследования автономной навигации. В дальнейшем оно использовалось в качестве тестовой машины для широкого круга проектов (транспорт, подводные исследования, работа с опасными отходами, обработка материалов, космические исследования).

В 1995 году начался совместный проект Гарвардской медицинской школы и робототехнического института университета Карнеги-Меллона по созданию системы Hip Navigation (HipNav), используемой при хирургических операциях.

В 2002 году был создан робот Grace, который способен общаться с человеком. Дальнейшие разработки института основаны на государственных заказах, участии в конкурсах и коммерциализации проектов (создании компаний — спин-оффов). Среди конкретных примеров можно выделить заказ NASA, а также участие в конкурсе DARPA.

В ноябре 2007 года команда из CMU Tartan Racing выиграла конкурс DARPA Urban Challenge, получив в качестве награды 2 млн долларов США. Команда смогла создать роботизированный внедорожник Boss, который прошел дистанцию в 89 км за 4 часа 10 минут, двигаясь в общем потоке машин, самостоятельно перестраиваясь и паркуясь.

В 2010 году NASA выделило грант в размере 500 тыс. долларов США компании — члену кластера Astrobotic Technology для разработки лунного посадочного модуля.

В 2013 году университет Карнеги-Меллон получил 7 млн долларов США от государства в рамках робототехнической инициативы NRI. Средства пойдут на финансирование семи робототехнических проектов, среди которых проект создания робота — исследователя объектов инфраструктуры, а также проект по созданию роботизированных инструментов для малоинвазивной хирургии.

Ведущие робототехнические компании Питтсбурга: Bird Brain Technologies, Blue Belt Technologies, Bossa Nova Concepts, Butterfly Haptics, Carnegie Robotics, Interbots, Origami Robotics.

3.1.3. Выводы

1. Основные успехи робототехники в США связаны с государственным финансированием военных разработок.

2. США являются лидером в военной робототехнике благодаря долгосрочной системной поддержке со стороны государства, которое определяет приоритетные направления и концентрирует на них усилия.

3. США стояли у истоков промышленной робототехники. Однако в условиях динамичного развития этой отрасли в других странах США вскоре утратили лидерство. Риск потерять ведущие позиции в других важных сегментах робототехники привлек внимание властей к гражданской робототехнике и формированию программы ее развития.

4. Несмотря на активную поддержку государством прорывных проектов, их реализация пока не внесла значимого вклада в экономику. Национальная робототехническая программа, в рамках которой отдельные министерства поддерживают относительно несложные прикладные проекты, позволит в ближайшей перспективе увеличить число роботов, достигших рынка.

5. Один из ключевых факторов успеха робототехники в США — формирование профильных кластеров вокруг наиболее сильных университетов. Развитие кластеров во многом обеспечено государственным финансированием в форме грантов и контрактов.

iRobot: от марсохода до пылесоса

Компания iRobot — яркий пример робототехнической фирмы, совмещающей выполнение государственных оборонных заказов и коммерческий успех в сегменте потребительской электроники.

Компания, изначально названная iRobot, была организована тремя инженерами из Массачусетского технологического института в 1990 году с целью создания роботов для освоения космоса. Основатели iRobot Колин Энгл, Хелен Грейнер и их научный руководитель Родни Брукс до создания компании занимались совместной разработкой шестиногого ходящего робота Genghis.

В начале 1990-х годов космические роботы были крупногабаритными, медлительными и дорогими. Целью iRobot было создание принципиально иной конструкции: легкого, маленького, дешевого аппарата, способного работать на других планетах и пересылать на Землю данные. Несмотря на то что компания так и не запустила роботов в космос, технологии iRobot были использованы NASA при разработке Mars Sojourner. Именно разработка космических роботов открыла iRobot возможности для получения многих государственных заказов.

На протяжении первых 12 лет с момента основания компании основной доход iRobot формировался за счет выполнения заказных НИОКР в интересах различных государственных структур США. В 2000–2002 годах выручка компании находилась в пределах 10–15 млн долларов США. При этом компания несла убытки, покрываемые за счет инвестиций. Среди военных разработок этого периода можно назвать модели Ariel, Urbie, SWARM и PackBot.

Работа над амбициозными исследовательскими проектами позволила сформировать ядро инженерной команды, отладить процессы, связанные с производством роботов, и подготовиться к производству устройств для потребительского сегмента рынка.

В 2002 году iRobot представила доступный широкому покупателю вакуумный пылесос Roomba. Первый подобный робот — Trilobite компании Electrolux — был доступен на рынке несколько

раньше, в 2001 году, однако по более высокой цене — 1,8 тыс. долларов США. Trilobite был продан в количестве приблизительно тысячи штук. Roomba был выведен на рынок по цене, меньшей в 10 раз, обеспечив продажи на уровне 70 тыс. устройств за рождественский сезон 2002 года. Успех Roomba заставил Electrolux снизить цены на свою модель. Главный менеджер Electrolux Питер Стил выражал обеспокоенность тем, что «некоторые производители вышли на рынок с такой низкой стартовой ценой, которая ударит по прибыльности всего рынка».

В 2005 году iRobot продолжила расширять линейку продуктов, представив моющего пола робота Scooba, а затем и подметающего робота Dirt Dog, робота для очистки кровельных водостоков Looj, а также Verro — робота для уборки бассейнов. Несмотря на положительные отзывы клиентов, ни одна из этих моделей не имела успеха, сопоставимого с успехом Roomba. Лидерство Roomba не только в линейке продуктов iRobot, но и на всем рынке роботизированных пылесосов стимулирует компанию постоянно совершенствовать эту модель. К 2006 году Roomba преодолела отметку в 2 млн проданных единиц.

Другой линейкой продуктов iRobot является военная и разведывательная техника. Компания производит наземных и морских пехотных роботов для нейтрализации взрывных устройств, наблюдения и обороны. Роботы компании широко использовались американской армией во время проведения операций в Ираке и Афганистане. Кроме того, 30 военных роботов iRobot PackBot обеспечивали безопасность во время проведения чемпионата мира по футболу в Бразилии.

Финансовые показатели

В 2013 году выручка компании iRobot составила 487,4 млн долларов США. С 2002 по 2005 год за счет успеха модели Roomba выручка компании выросла в 10 раз. В период с 2006 по 2010 год средние темпы роста замедлились до 13,3%, а после 2010 года — до 6,7%.

Большая часть выручки iRobot за 2013 год пришлось на продажу домашних роботов — 87,7%. Валовая прибыль от продажи этих бытовых устройств составляет приблизительно 45%. Еще 10,2% выручки составляют государственные заказы на разработку и производство военных роботов, доходность по которым составляет 58%. Оставшиеся 2,1% приходятся на новые продукты компании, включая роботов телеприсутствия и медицинские устройства.

На протяжении последних четырех лет доля государственного заказа в выручке компании последовательно снижалась: в 2010 году этот показатель составлял 40,6 млн долларов США, в 2011-м — 39 млн долларов США, в 2012-м — 17,7 млн долларов США, а в 2013 году — только 10 млн долларов США.

Традиционно частью бизнес-стратегии iRobot было проведение перспективных исследований, как заказных, так и внутренних — для разработки новых продуктов. Затраты компании на R&D в 2013 году составили 63,6 млн долларов США, или около 13% от ежегодной выручки. Для сравнения в 2012 году этот показатель составлял 57 млн долларов США.

В 2012 году iRobot испытала падение спроса на военных роботов в связи с выводом американских вооруженных сил из Афганистана. Кроме того, компания столкнулась с ростом конкуренции на основном для себя рынке бытовой робототехники со стороны корейских производителей. Результатом стали увольнения сотрудников: в 2011 году компания сократила 44 человека в своем головном офисе в Массачусетсе, а в 2012-м закрыла завод в Северной Каролине и уволила дополнительно около 100 сотрудников научно-исследовательского отдела. Сегодня в компании работает более 500 сотрудников, около 100 из которых занимаются разработкой новых роботов.

Перспективные направления

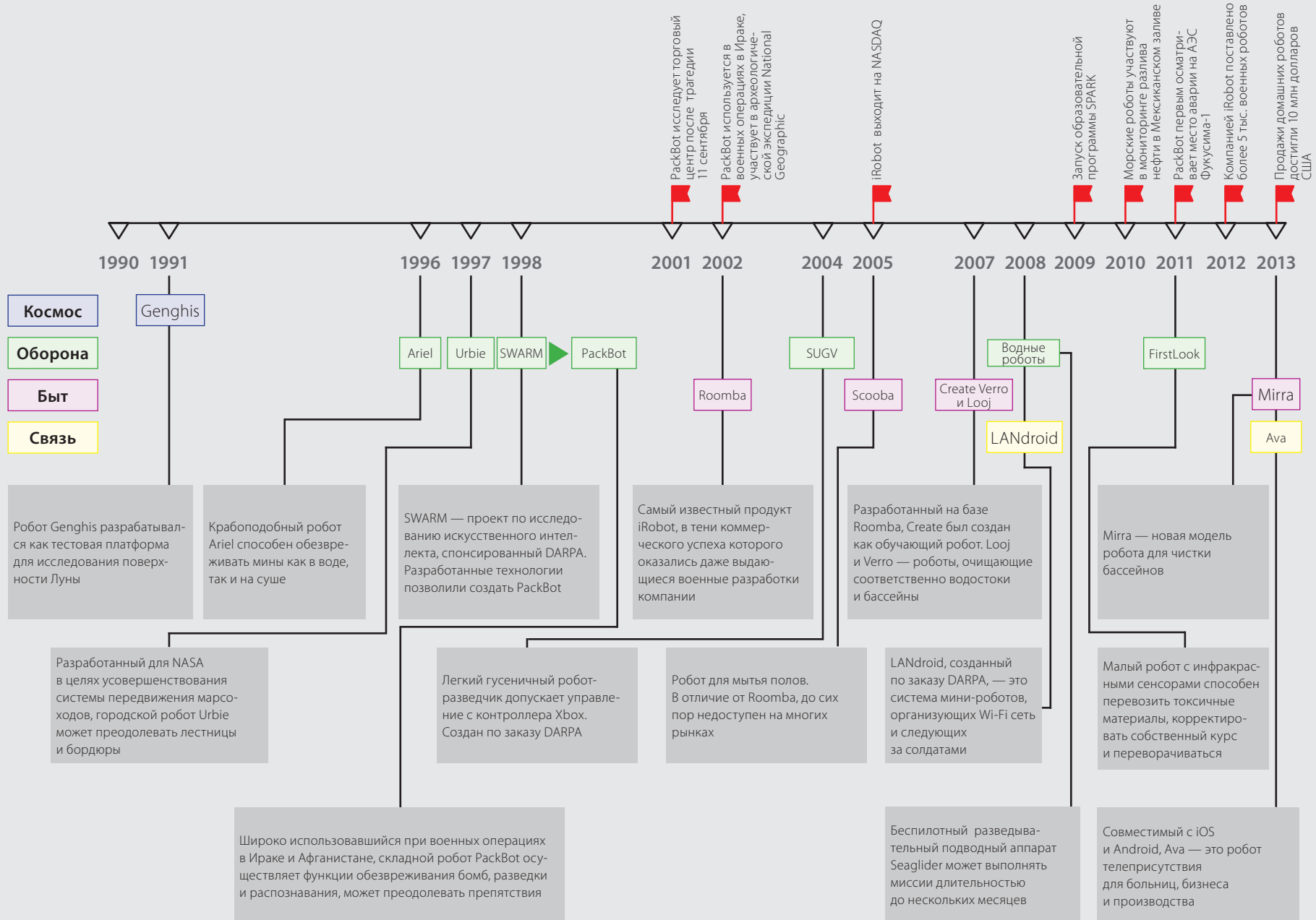
Источником технологий iRobot является не только собственный R&D-департамент: компания активно взаимодействует с внешними научными группами и лабораториями, осуществляя функции системного интегратора. Как и другие крупные компании, iRobot реализует стратегию получения новых технологий за счет поглощения перспективных стартапов.

Так, в январе 2012 года iRobot приобрела компанию InTouch Technologies, которая разрабатывает технологии удаленного присутствия. Сумма сделки составила 6 млн долларов США. Совместными усилиями к 2014 году было реализовано уже более 400 роботов присутствия, помогающих докторам проводить осмотры пациентов удаленно.

В сентябре 2012 года компания приобрела производителя систем компьютерного зрения и позиционирования внутри зданий Evolution Robotics за 74 млн долларов США. Разрабатываемый этой компанией робот для мытья полов Mint стал основной для модели iRobot Braava, обладающей системой навигации внутри помещений North Star.

В надежде повторить успех своей первой модели Roomba компания продолжает постоянный поиск новых ниш и расширяет зоны влияния. Например, совместно с Йельским университетом iRobot разработала роботизированную руку, способную поднимать очень мелкие предметы, например булавку. Другим примером является создание робота телеприсутствия, который объединил систему видеоконференции Cisco WebEx с платформой iRobot. Таким образом, компания продолжает пытаться создавать новые рынки.

Временная шкала разработок компании iRobot



Boston Dynamics

Американская инжиниринговая компания Boston Dynamics была создана в 1992 году в штате Массачусетс. Основатель и бессменный президент этой компании Марк Райберт является одним из первых разработчиков технологии «шагающих роботов» в Соединенных Штатах. В 1980 году он создал исследовательскую лабораторию Leg Lab по изучению технологий «машинного хождения» в университете Карнеги-Меллон (Питтсбург), а в 1986 году вместе с несколькими своими сотрудниками перебрался в МТИ.

Первые десять лет своего существования Boston Dynamics не позиционировала себя в качестве робототехнической компании. Марк Райберт основал ее в надежде коммерциализировать разработки в сфере компьютерного моделирования персональной и групповой деятельности людей, которыми он и еще ряд его коллег по МТИ занимались «в свободное от основной работы время».

Разработанная молодым стартапом флагманская программная платформа получила название DI-Guy. Этот продукт оказался на удивление мощным и новаторским решением в своей специфической нише 3D-сценарного моделирования человеческой деятельности в виртуальном окружении для приложений реального времени. К настоящему времени DI-Guy фактически стал стандартом для широкого спектра военных и гражданских приложений и виртуальных компьютерных тренажеров, активно используемым, в частности, для обучения персонала во всех родах войск США, а также во многих крупнейших промышленных компаниях мира в самых различных отраслях (Boeing, Raytheon, Lockheed Martin, Northrop Grumman, General Dynamics, Honeywell, BMW, DaimlerChrysler, Ford, Hitachi, Mitsubishi и т.д.).

Направление разработки программного обеспечения на протяжении двух десятилетий продолжало весьма успешно развиваться и приносило компании немалую часть ее доходов. Лишь в конце 2013 года, непосредственно перед заключением сделки по продаже компании интернет-гиганту Google, Райберт вывел из Boston Dynamics всю линейку продуктов DI-Guy, продав все права компании VTMÄK.



Автономный робот AlphaDog способен перемещаться на дальние расстояния, неся на себе 180 кг груза

Начиная с середины 1990-х годов Райберт и его коллеги были привлечены к долгосрочной работе над серией робототехнических проектов Sony. Первым из них стало создание автономной игрушечной собаки-робота Aibo, для которой специалисты Boston Dynamics разработали систему управления передвижением в пространстве (первая коммерческая модель Aibo была выпущена на потребительский рынок в 1999 году).

С 1999 по 2004 год Марк Райберт и его коллеги принимали

активное участие в другом известном проекте Sony по созданию маленького двуногого робота-андроида/гуманоида QRIO. В нем они тоже отвечали за его «ходовой блок». Правда, до массового производства этой модели, в отличие от Aibo, дело не дошло: QRIO так и остался на стадии опытного тестирования.

Полученный в ходе этой совместной работы с японскими робототехниками опыт принес Boston Dynamics первые реальные коммерческие плоды внутри самих Соединенных Штатов: в 2003 году компании удалось победить в объявленном DARPA тендере на изготовление четырехногого робота BigDog.

Вслед за контрактом на создание BigDog Boston Dynamics вскоре смогла выиграть еще несколько тендеров Пентагона, и уже к концу 2010-х годов, по признанию самого Райберта, робототехническая составляющая стала приносить Boston Dynamics от 2/3 до 3/4 ее совокупных доходов.

В одном из своих недавних интервью Марк Райберт заявил, что он и его сотрудники одновременно работают примерно над десятком различных моделей и конструкций биороботов. В среднем на создание первого нового рабочего прототипа у них уходит от 6 до 12 месяцев и еще около года-полутора обычно требуется для их последующей доводки до стадии полевых испытаний.

Благодаря впечатляющим успехам, достигнутым за последние несколько лет в инновационных бионических разработках, а также за счет продуманного и очень эффективного пиара Boston Dynamics стала одной из самых известных робототехнических компаний.

Именно поэтому новость о ее приобретении в декабре 2013 года Google стала одной из главных сенсаций того года в мировой инновационной сфере. Руководство обеих компаний наотрез отказывается сообщать какие-либо финансовые детали заключенной сделки. А оценки рыночных аналитиков разнятся: от десятков миллионов долларов США до 1 млрд долларов США.

Оценка стоимости сделки затрудняется еще и тем, что Boston Dynamics не являлась публичной компанией: большая часть ее доходов поступала от Пентагона по различным исследовательским программам DARPA, а также из бюджета американских сухопутных и военно-морских сил. Значительная часть этих оборонных контрактов и заказов носила полужакрытый характер, и, соответственно, их финансовые условия не разглашаются. Известна лишь стоимость нескольких контрактов. Так, в 2010 году Boston Dynamics получила от DARPA 32 млн долларов США для разработки нового поколения четвероногих роботов — переносчиков боевой амуниции и снаряжения LS3, логического продолжения ее первой инновационной разработки BigDog. Судя по косвенным показателям, бизнес шел неплохо: за время кризиса с 2008 по 2011 год общее число сотрудников компании выросло с 55 до 85 человек.

Семейство биороботов компании Boston Dynamics

Как неоднократно публично заявлял отец-основатель компании Марк Райберт, важнейшей задачей Boston Dynamics является создание биороботов, маневренные способности, двигательные возможности и быстрота реакции которых будут как минимум не уступать аналогичным

характеристикам живых людей и различных представителей земной фауны, а в идеале и намного превосходить их.

До выполнения задачи-максимум команде инженеров и технологов Boston Dynamics еще довольно далеко, но по ряду отдельных динамических показателей ее экспериментальные прототипы уже демонстрируют отличные результаты.

BigDog (Большой пес) — первый нашумевший продукт компании, рабочий прототип которого был создан в 2005 году совместно с другой известной робототехнической компанией Foster-Miller (автономное американское подразделение британской компании QinetiQ), Jet Propulsion Laboratory NASA (Лаборатория реактивного движения NASA) и научно-исследовательским центром Гарвардского университета Concord Field Station.

Основной целью этого пятилетнего проекта, финансировавшегося DARPA, была разработка вспомогательного шагающего транспортного аппарата для поддержки пехотинцев в местах боевых действий (перевозки их снаряжения и прочих полезных грузов), обладающего возможностью передвигаться по различным типам поверхности.

Четвероногим Большим псом (внешне больше напоминающим мула) достигнуты следующие результаты: способность переносить до 155 кг груза со скоростью до 6,4 км/ч и преодолевать уклон до 35 градусов, умение передвигаться по льду. Его общий вес около 110 кг. BigDog — автономный робот, управляемый встроенной компьютерной системой, снабженный бензиновым двигателем и разнообразными датчиками движения, гироскопом, лидаром и «стереозрением».

Следующий этап этой долгосрочной программы, начатый в 2010 году, — создание LS3 (Legged Squad Support System Robot), имеющего также альтернативное обозначение AlphaDog. LS3, заказанный Boston Dynamics и прочим соисполнителям проекта агентством DARPA, рассчитан уже на 180 кг полезного груза, а запас его автономного хода на одной заправке должен превышать 32 км.

Используя свое машинное зрение, LS3 автономно следует за человеком-оператором; управление роботом осуществляется при помощи специализированного дистанционного пульта, но он также может быть запрограммирован на самостоятельное передвижение по заданным координатам при помощи GPS. Первые полевые испытания LS3 прошли в 2013 году.

Одним из серьезных недостатков как BigDog, так и его преемника LS3 пока остается чересчур сильный шум, производимый его бензиновым двигателем приводно-гидравлической системы. Согласно заявлениям Boston Dynamics, озвученным еще в прошлом году, финальная версия LS3, выход в свет которой запланирован на 31 марта 2015 года, должна стать практически бесшумной, а корпус будет полностью покрыт пуленепробиваемым материалом.

PETMAN (Protection Ensemble Test Mannequin) — человекоподобный двуногий и двурукий шагающий робот, изначально разработанный в рамках спецпроекта Пентагона общей стоимостью в 26,5 млн долларов США для проверки прочности химзащитных костюмов, используемых в опасных условиях. Это первый робот-андроид, внешность которого мало чем отличается от магазинных манекенов, что отражено и в его полном названии. Он умеет бегать, прыгать, приседать и взбираться по наклонной поверхности.

Более поздняя модификация PETMAN — поисково-спасательный робот Atlas, почти двухметровый гигант весом в 150 кг. При моделировании его внешности специалисты Boston Dynamics уже не слишком заботились о сходстве с человеком. Например, он вообще лишен головы. Но, несмотря на меньшую антропоморфность тела, изготовленного из алюминия и титана, набор его динамических достоинств гораздо более обширен, чем у предшественника. Помимо большей общей подвижности Atlas достаточно ловко движется по весьма неровной поверхности (например, по груде камней), сохраняет равновесие после ударов различными грузами небольшой массы и довольно быстро бегаёт. В идеале оснащенный лазерными дальномерами и стереокамерами наблюдения Atlas должен научиться проворно взбираться по лестницам, пользоваться различными вспомогательными приборами и даже водить автомашину. Впрочем, пока он представляет собой полуавтономную конструкцию, так как управляется удаленным оператором.

Cheetah (Гепард) — гепардоподобный бегающий четвероногий робот, самый быстрый из «зверинца» Boston Dynamics. Он разработан в рамках реализации еще одной спецпрограммы DARPA — Maximum Mobility and Manipulation. Ее главной задачей является разработка нового семейства биороботов, оказывающих максимально эффективную поддержку сухопутным войскам в зоне боевых действий.

В ходе полевых испытаний в августе 2012 года Cheetah установил абсолютный рекорд скорости среди биороботов, разогнавшись на беговой дорожке до 45,5 км/ч. Правда, этот робот-спринтер не обладает полной автономией передвижения, поскольку снабжен проводным источником питания.

Новая модификация Cheetah — WildCat (Дикий кот) — была впервые представлена публике в октябре 2013 года. WildCat уже лишен «поводка», так как питается от встроенного электрогенератора, приводимого в действие бензиновым двигателем внутреннего сгорания. По данным последних тестовых испытаний на конец 2013 года, максимальная скорость WildCat составила чуть более 32 км/ч, что во многом объясняется существенным утяжелением его веса по сравнению с предшественником-рекордсменом.

Еще две любопытные разработки Boston Dynamics: SandFlea (Песчаная блоха), миниатюрный колесный робот на дистанционном управлении, обладающий способностью прыгать на высоту до 9 м, и Rhex — шестиногий робот, оснащенный умным гусеничным механизмом, помогающим ему передвигаться по рыхлой и неровной поверхности.



Самый быстрый бегающий робот в мире Cheetah, способен развивать скорость до 45,5 км/ч

3.2. Поддержка развития робототехники в Европе

Европейские производители занимают прочные позиции на рынке промышленной робототехники за счет емкого местного рынка. Основными вызовами для Европы являются удержание технологического лидерства и освоение новых ниш на рынке сервисных роботов.

3.2.1. Промышленная робототехника

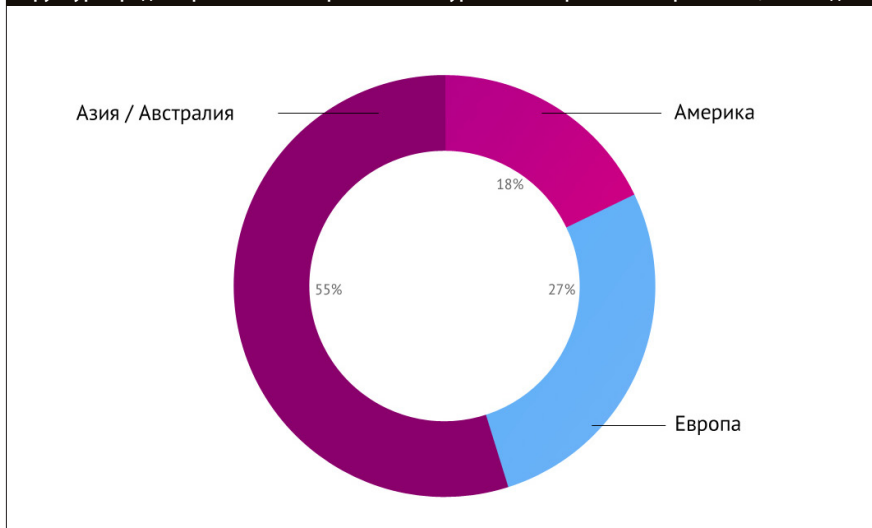
История европейской промышленной робототехники насчитывает более 40 лет. Первый производственный манипулятор Fatulus с шестью степенями свободы был создан немецкой компанией KUKA в 1973 году.

В 2012 году Европа занимала 27% рынка промышленной робототехники по объемам закупок новых промышленных роботов. Их использование является одним из ключевых факторов, позволяющих сохранять конкурентоспособность европейской промышленной продукции в условиях высокой стоимости труда.

В 2012 году в Европе было продано 41,2 тыс. промышленных роботов. В 2011-м этот показатель составлял 43,8 тыс. единиц. Средний годовой рост отрасли по количеству проданных единиц с 2007 по 2012 год составил 3%.

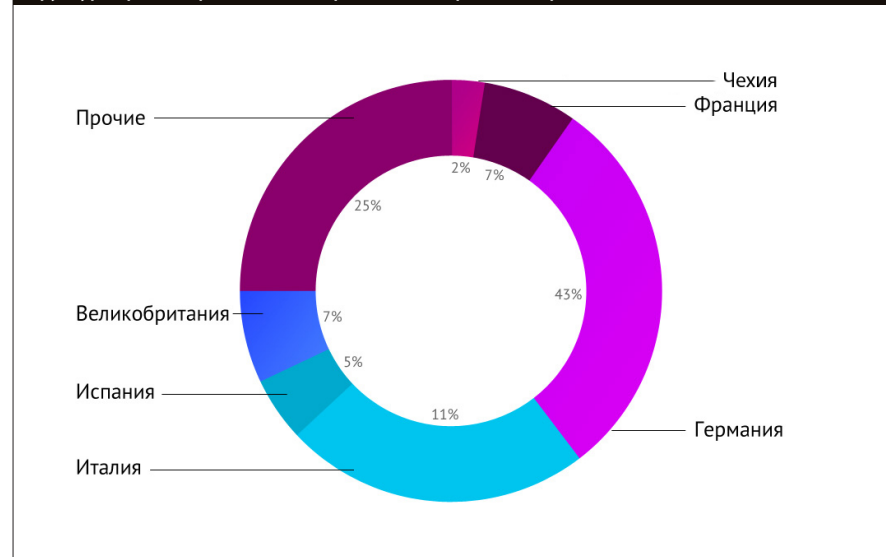
Основными потребителями по количеству купленных роботов на рынке европейской промышленной робототехники являются Германия, Италия, Франция, Великобритания и Испания.

Структура продаж промышленных роботов в натуральном выражении по регионам, 2012 год



Источник: данные IFR <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>

Структура продаж промышленных роботов по странам в Европе, 2012 год



Источник: World Robotics 2013 Industrial Robots: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>

Крупнейшие игроки на рынке промышленной робототехники в Европе: KUKA (Германия), Schunk (Германия), ABB (Швеция), Stäubli (Швейцария), Comau (Италия).

Основными отраслями применения промышленной робототехники в Европе являются автомобильная, металлургическая, химическая и электронная промышленность. Потенциал для развития робототехники также представляет пищевая отрасль.

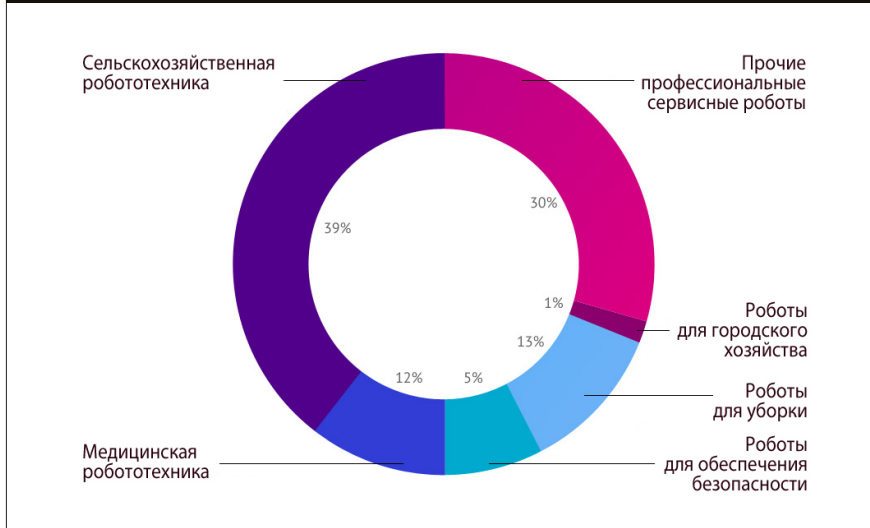
3.2.2. Сервисная робототехника

Европа является лидером в производстве профессиональных сервисных роботов, если не принимать в расчет устройства военного назначения. Наиболее сильные направления: мобильные роботы (сельскохозяйственные, для шахтных работ, поисковые), транспортно-логистические (транспортировка, складские работы), медицинские (хирургические, диагностические, роботы-помощники для пациентов).

Европейская направленность на снижение энергоемкости экономики создает потенциал для развития автоматизированных энергоэффективных технологий, применяемых в быту.

Крупнейшие игроки на рынке сервисной робототехники: Amazonen Werke (Германия), In Mach (Германия), BA Systèmes (Франция), DeLaval (Швеция), Fullwood (Великобритания), Insentec (Нидерланды), Lely (Нидерланды), GEA Farm Technologies (Германия), Thales (Франция), Eca-Robotics (Франция), QinetiQ (Великобритания).

Области применения профессиональных сервисных роботов в Европе, 2009 год



Источник: Industrial and service robotics in Europe "From industrial maturity to the revolution"

Несмотря на определенные успехи, европейская робототехника имеет уязвимые места, которые препятствуют дальнейшему развитию:

- ♦ компании-стартапы сталкиваются со сложностью перехода от этапа создания прототипа к стадии продажи готового продукта. В Европе недостаточно развита поддержка ранних стадий инновационных проектов, в том числе и в области робототехники;
- ♦ дефицит венчурного капитала: европейские стартапы испытывают сложности с привлечением финансирования на посевной стадии;
- ♦ отсутствие осведомленности потенциальных потребителей о робототехнике и возможностях ее использования;
- ♦ слабое взаимодействие между академическими кругами и бизнес-сектором. Робототехнические кластеры пока находятся в стадии формирования;
- ♦ зависимость от импортных базовых компонентов для робототехники. В частности, датчики и силовые приводы импортируются в Европу из других стран;
- ♦ использование робототехники в обществе вызывает много этических, правовых и социальных проблем (ELS). Европа возглавляет всемирную дискуссию по этой теме.

3.2.3. Профессиональные сообщества

Во многих европейских странах, в том числе в Германии, Италии, Франции, Испании и других, существуют робототехнические ассоциации, главной целью которых является повышение эффективности взаимодействия между академическими кругами и промышленностью.

Помимо них для поддержки на общеевропейском уровне было создано несколько организаций, нацеленных на координацию работы, разработку стратегии развития отрасли и стандартизацию в области робототехники.

EURON

Европейская робототехническая исследовательская сеть (European Robotics Research Network, EURON) — это робототехническая ассоциация, которая была создана в начале 2000-х годов. Она объединила более 230 академических и промышленных организаций в Европе, занимающихся передовыми исследованиями и разработками в области робототехники.

Основные направления деятельности EURON:

- ♦ разработка дорожных карт с выделением приоритетных направлений развития робототехники;
- ♦ координация программ совместных исследований;
- ♦ мониторинг и анализ существующих образовательных программ и курсов, проведение летних и зимних школ для студентов на базе институтов — участников сообщества;
- ♦ обеспечение взаимодействия между промышленными и научными организациями для развития робототехники;
- ♦ распространение информации о достижениях в робототехнике.

Деятельность EURON финансировалась Европейской комиссией в период с 2001 по 2008 год на общую сумму порядка 4,3 млн евро. Помимо государственных средств EURON получала поддержку от частных компаний.

Кроме множества высших учебных заведений и исследовательских лабораторий Европы участниками EURON были такие известные робототехнические компании, как KUKA Robotec, Siemens, Cyberbotics, Bluebotics, Robotnik, Neobotix и др.

EUROP

Европейская робототехническая платформа (European Robotics Technology Platform, EUROP) была создана в 2005 году для представления интересов промышленности в вопросах развития робототехники. EUROP дополнила EURON, которая в большей степени представляла интересы академических кругов.

В целом задачи EUROP совпадали с ориентирами, поставленными EURON: обеспечение поддержки



Автоматизированная система кормления компании Lely применяется в животноводстве

европейского робототехнического сообщества, создание тесных связей между академическими и промышленными кругами, разработка единой стратегии и приоритетных направлений. Основное отличие заключалось в ориентации на интересы представителей бизнеса.

EUROP объединяла в себе более 80 различных европейских компаний и исследовательских центров с различной специализацией: промышленная, профессиональная сервисная, домашняя сервисная, охранный, космическая робототехника. Крупнейшие представители и наиболее известные компании, вошедшие в EUROP: ABB Robotics, Comau, KUKA, SCHUNK, Robert Bosch GmbH, BlueBotics, Cyberbotics, Robotnik Automation, Thales, SelfTech — Engenharia de Sistemas e Robótica и др.

Деятельность EUROP финансировалась через координационный робототехнический центр (Coordination Action for Robotics in Europe, CARE), которому Европейская комиссия выделила в период с 2006 по 2009 год 1,4 млн евро. Основная цель создания CARE — разработка единой долгосрочной стратегии развития робототехники в Европе при помощи созданных организаций. Также в рамках совместной работы CARE и EUROP активно разрабатывались вопросы этических, социальных и правовых норм использования роботов в повседневной жизни.

euRobotics

В 2010 году в ходе выполнения седьмой Рамочной программы Европейского союза была учреждена некоммерческая ассоциация euRobotics, объединившая EUROP и EURON, что позволило устранить дублирование их функций.

Главные задачи ассоциации — разработка и реализация дорожной карты развития робототехники и программы стратегических исследований в области робототехники в Европе. Ежегодное обновление дорожной карты проводится с помощью экспертов euRobotics, объединенных в тематические группы по технологическим направлениям (Topic Groups). В формате ежегодного обзора на основе дорожной карты определяются европейские приоритеты исследований, разработок и финансирования.

euRobotics активно принимает участие в разработке международных стандартов промышленной и сервисной робототехники. Стандартизация имеет целью упростить обслуживание роботов, что позволит использовать в производстве взаимозаменяемые компоненты. Помимо стандартов ассоциация занимается унификацией терминологии, что облегчает кооперацию между исследователями и представителями промышленности.

В 2014 году euRobotics насчитывала 188 участников, среди них представители исследовательских институтов, крупные промышленные корпорации, а также малые и средние робототехнические компании. Членство в организации euRobotics платное и зависит от оборотов организации: от 250 евро для стартапов до 15 тыс. евро для организаций с оборотом более 100 млн евро.

3.2.4. Стратегия развития робототехники в Европе

Приоритеты и цели развития робототехники до 2020 года определены в двух основных документах: программе стратегических исследований в области робототехники в Европе на период 2014–2020 годов (Robotics 2020, Strategic Research Agenda for Robotics in Europe, SRA) и дорожной карте развития робототехники на период 2014–2020 годов (Robotics 2020, Multi-Annual Roadmap For Robotics in Europe, MAR). Оба документа подготовлены экспертами ассоциации euRobotics.

Программа SRA представляет собой обзор европейской робототехники и потенциально достижимых стратегических целей. Дорожная карта MAR является более подробным описанием существующих технологических достижений и потенциальных точек роста в области робототехнических инноваций.

В программе SRA установлены показатели, которые должны быть достигнуты европейскими производителями к 2020 году:

- ◆ 35% рынка промышленных роботов, оцениваемого в 43 млрд евро;
- ◆ 65% рынка профессиональных сервисных роботов, оцениваемого в 16 млрд евро;
- ◆ 20% европейского рынка робототехники, оцениваемого в 2,4 млрд евро;
- ◆ увеличение доли добавленной стоимости, созданной в обрабатывающей промышленности, в ВВП с 15,5% (в 2011 году) до 20%;
- ◆ сохранение позиции в промышленном секторе робототехники на мировом рынке;
- ◆ завоевание новых рынков в развивающихся областях робототехники;
- ◆ формирование условий роста робототехнической промышленности;
- ◆ создание более 75 тыс. новых рабочих мест у европейских производителей промышленных и сервисных роботов;
- ◆ создание более 30 тыс. дополнительных новых рабочих мест в европейских компаниях, поставляющих комплектующие и программное обеспечение для роботов;
- ◆ создание более 140 новых европейских компаний, созданных с участием научно-исследовательских институтов и университетов;
- ◆ создание более 140 тыс. новых рабочих мест в европейской сфере услуг, использующих сервисных роботов;
- ◆ повышение ВВП ЕС (27 стран) на 80 млрд евро за счет робототехнического сектора.

В дорожной карте MAR закреплены приоритетные направления и технологии, необходимые для повышения конкурентоспособности европейской робототехники. Ежегодное обновление дорожной карты предполагает выделение новых приоритетных направлений, а также корректировку планов с учетом достигнутых успехов.

MAR классифицирует робототехнику по рыночным секторам, каждый из которых подробно охарактеризован с точки зрения технических характеристик, требований к уровню развития и потенциальных возможностей.

В рамках документа выделены восемь секторов применения робототехники:

- 1) промышленность;
- 2) здравоохранение;
- 3) сельское хозяйство;
- 4) гражданская робототехника специального назначения;
- 5) транспорт и логистика;
- 6) потребительская техника;
- 7) прочее коммерческое использование;
- 8) военное применение.

Стратегии развития основных секторов

В дорожной карте MAR отражены основные характеристики секторов робототехники, существующие возможности и барьеры, а также приоритетные технологии. Ниже мы приведем краткие резюме разделов, посвященных двум ключевым секторам: промышленному и сельскохозяйственному.

Промышленность

Робототехника может стать опорной точкой для развития промышленности в Европе. Возврат производства в регион должен основываться на высокой конкурентоспособности предприятий. В настоящее время основными покупателями промышленных роботов являются крупные предприятия. Тем не менее в Европе средние и малые компании занимают значительную долю в промышленном производстве, поэтому именно этот рынок является потенциально привлекательным потребителем робототехнических решений.

В Европе наибольшее значение имеют следующие барьеры роста промышленной робототехники:

- ♦ низкая осведомленность пользователей о возможностях робототехники;
- ♦ опасения пользователей по поводу сложности системы;
- ♦ высокая стоимость приобретения и эксплуатации, а также окупаемость инвестиций;
- ♦ недостаточная гибкость и адаптация систем в условиях постоянно меняющихся потребностей.

Для достижения высокого уровня конкурентоспособности в промышленности робототехнические системы должны обладать следующими характеристиками:

- ♦ интуитивное управление;
- ♦ удобство в использовании;
- ♦ простота настройки;
- ♦ адаптируемость к изменениям;

- ♦ безопасность эксплуатации;
- ♦ обеспечение эргономичного дизайна для взаимодействия с человеком;
- ♦ энергоэффективность, обеспечение автономного энергоснабжения и коротких циклов зарядки;
- ♦ конфиденциальность личных данных, собранных во время взаимодействия с человеком.

Для достижения данных характеристик необходимо развитие технологий в следующих направлениях: разработка интеллектуальных систем, мехатроника, взаимодействие человека с компьютером, машинное зрение, навигация.

Дальнейшее развитие заключается в повышении автономности роботов, возможность функционировать в неструктурированной среде, в увеличении безопасности взаимодействия с человеком, упрощение систем программирования (без привлечения специалистов).

В связи с развитием рынков возможен пересмотр текущей модели, использования договоров аренды, системы оплаты производства (pay-on-production) и лизинга оборудования.

Сельское хозяйство

Сельскохозяйственные роботы широко распространены в Европе. Они преимущественно используются в растениеводстве (с функциями опрыскивания, прополки, сбора урожая) и в животноводстве (с функциями доения, кормления, стрижки животных).

В настоящее время системы автоматизации применяются с ограниченным уровнем автономности. Возможности дальнейшего развития робототехники в сельском хозяйстве связаны с анализом накопленных статистических данных, оптимизацией производственных сельскохозяйственных процессов, повышением эффективности использования ресурсов на основе полученных выводов (например, информация о количестве потребляемого животным корма за определенный период может быть использована для оптимизации количества числа кормлений и размера порции). Также робототехника будет развиваться в направлении повышения уровня автономности сельскохозяйственного оборудования.

Использование робототехники в сельском хозяйстве имеет определенные сложности:

- ♦ отсутствие законодательной базы для функционирования автономных систем;
- ♦ возможности перекрестного заражения (зерна, сорняков, бактерий и т.д.) при использовании робототехники;
- ♦ сложность хранения, обслуживания и содержания автономных машин;
- ♦ отсутствие стандартов интерфейса машин для взаимодействия с человеком;
- ♦ обеспечение конфиденциальности данных о фермерских хозяйствах.

Основные робототехнические проекты, профинансированные в рамках седьмой Рамочной программы Европейского Союза

Проект	Описание
FIRST-MM	Программа гибкого приобретения навыков и интуитивного решения задач для мобильных манипуляторов (Flexible Skill Acquisition and Intuitive Robot Tasking for Mobile Manipulation in the Real World)
CustomPacker	Упаковочные станции для товаров среднего и большого размера на основе промышленных роботов (Highly Customisable and Flexible Packaging Station for Mid-to-Upper Sized Electronic Consumer Goods Using Industrial Robots)
KAP	Понимание и прогнозирование взаимодействий человека, машины, материалов и методов в промышленности (Knowledge, Awareness and Prediction of Man, Machine, Material and Method in Manufacturing)
RoboFoot	Робототехнические решения для обувной промышленности (Smart Robotics for High Added Value Footwear Industry)
COMET	Создание компонентов и методов для адаптивного контроля промышленных роботов (Plug-and-Produce Components and Methods for Adaptive Control of Industrial Robots Enabling Cost Effective, High Precision Manufacturing in Factories of the Future)
Dynxperts	Разработка новых машинных функций динамического контроля (New Machine Functionalities Through Process Dynamic Stability Control)
AIMACS	Интеллектуальная машинная система контроля (Advanced Intelligent Machine Adaptive Control System)
HARCO	Адаптивные компоненты для промышленных систем (Hierarchical and Adaptive Smart Components for Precision Production Systems Application)
LOCOBOT	Инструментарий для создания ко-ботов (Toolkit for Building Low Cost Robot Co-Workers in Assembly Lines)

Проект	Описание
PopJIM	Интерфейсные модули plug-and-produce (Plug and Produce Joint Interface Modules)
FAB2ASM	Точная 3D-интеграция микросистем от изготовления до сборки (Efficient and Precise 3D Integration of Heterogeneous Microsystems from Fabrication to Assembly)
AUTORECON	Автономные машины для сборочных станций (AUTonomous co-operative machines for highly RECONfigurable assembly operations of the future)
PRACE	Система обучения робота (Productive Robot Apprentice)
THERMOBOT	Автономная робототехническая система для термографического обнаружения трещин (Autonomous Robotic System for Thermo-Graphic Detection of Cracks)
MiRoR	Робототехнические системы для ремонта и профилактических работ в опасных условиях (Miniaturised Robotic systems for holistic in-situ Repair and maintenance works in restrained and hazardous environments)
MAINBOT	Мобильные роботы обслуживания промышленных предприятий (Mobile Robots for Inspection and Maintenance Activities in Extensive Industrial Plants)
CableBOT	Робототехнические решения в логистике (Parallel Cable Robotics for Improving Maintenance and Logistics of Large-Scale Products)
PAN ROBOTS	Plug-and-play роботы для промышленности (Plug&Play robots for smart factories)
MEGAROB	Разработка гибкой, устойчивой и автоматизированной платформы для высокоточных промышленных операций (Development of flexible, sustainable and automated platform for high accuracy manufacturing operations in medium and large complex components using spherical robot and laser tracker on overhead crane)

Источник: http://www.eu-robotics.net/cms/upload/PDF/Multi-Annual_Roadmap_2020_Call_1_Initial_Release.pdf

В ближайшей перспективе планируется развивать возможности робототехники в сельском хозяйстве в следующих направлениях:

- ♦ повышение совместимости машин посредством стандартизации (например, стандарты ISOBUS как универсальный протокол для электронной связи между инструментами, тракторами и компьютерами);
- ♦ переход к потоковому, непрерывному процессу (24 часа доения, восьмиразовое автоматизированное кормление);
- ♦ повышения взаимодействия автономных систем с целью повышения качества и эффективности работы;
- ♦ развитие коммуникаций, обеспечивающих дистанционное управление;
- ♦ повышение энергоэффективности за счет оптимизации использования машин;
- ♦ разработка методик, позволяющих снизить использование антибиотиков и пестицидов.

3.2.5. Государственная поддержка отрасли

Рамочная программа «Горизонт 2020»

На общеевропейском уровне поддержка робототехники определена в Рамочных программах ЕС по науке и технологическому развитию. Начиная с 1984 года рамочные программы ЕС по научным исследованиям являются основным инструментом финансирования науки. Они разрабатываются по предложению Европейской комиссии и подлежат утверждению европейским Советом министров и Европейским парламентом.

В настоящее время действует восьмая Рамочная программа Европейского союза по научно-технологическому и инновационному развитию «Горизонт 2020». Ее общий бюджет на период с 2014 по 2020 год составляет 80 млрд евро.

Ключевые проекты в области сельскохозяйственной робототехники	
Проект	Описание
HUBRINA (HUMAN-roBot co-woRking IN Agricultural master-slave systems)	Сельскохозяйственный робот, взаимодействующий с человеком (HUMAN-roBot co-woRking IN Agricultural master-slave systems)
FutureFarm	Исследование влияния робототехники и биотоплива на экономическую и энергетическую эффективность сельского хозяйства, оптимизации процессов (WP6: Influences of robotics and biofuels on economic and energetic efficiencies of farm production)
CROPS	Робототехника по сбору урожая (Clever Robots for Crops)
RHEA	Роботы для сельскохозяйственного и лесного мониторинга (Robot Fleets for Highly Effective Agriculture and Forestry Management)
GEOPAL	Система сельскохозяйственной логистики на основе GNSS (GNSS-based Planning system for Agricultural Logistics)
QUAD-AV	Система распознавания местности для автономных сельскохозяйственных машин (Ambient Awareness for Autonomous Agricultural Vehicles)
SmartBot (часть проекта AgroBot)	Многофункциональный сельскохозяйственный робот

Источник: Robotics 2020 MAR: [электронный ресурс] / EuRobotics. — URL: http://www.eu-robotics.net/cms/upload/PDF/Multi-Annual_Roadmap_2020_Call_1_Initial_Release.pdf

За время действия седьмой Рамочной программы было напрямую профинансировано 130 робототехнических инновационных научно-исследовательских проектов с привлечением около 500 организаций и общей суммой грантов 536 млн евро. Финансирование проектов, косвенно относящихся к робототехнике, составило около 170 млн евро.

В программе «Горизонт 2020» выделено три основных направления:

- 1) генерирование передовых знаний для укрепления позиций ЕС среди ведущих научных держав мира (Excellent science);
- 2) достижение лидерства в производстве и поддержка бизнеса, включая малые и средние предприятия и инновации (Industrial leadership);
- 3) решение социальных проблем (Societal challenges), определенных в стратегии «Европа 2020».

Развитие робототехники предусмотрено в каждом из этих направлений. На период 2014–2015 годов в рамках программы непосредственно на робототехнику выделено финансирование на сумму более 150 млн евро. Объем финансирования по направлениям, связанным с робототехникой, превышает 500 млн евро.

На период 2014–2015 годов Европейской комиссией объявлен конкурс грантов по приоритетным областям применения. В 2014 году в качестве таких областей выделены промышленность, гражданская робототехника специального назначения, сельское хозяйство и прочие сферы коммерческого применения роботов. А в 2015 году приоритеты сместятся в сторону здравоохранения, потребительской робототехники и транспорта. В 2015 году также предусмотрены мероприятия по обмену опытом в научных кругах.

Основным инструментом реализации Рамочной программы выбрано государственно-частное партнерство (Public Private Partnership, PPP).

SPARC

SPARC — это государственно-частное партнерство, в котором в качестве частного партнера выступает euRobotics (180 участников — компаний и научно-исследовательских организаций), а государство представлено Европейской комиссией. Договор о создании SPARC был подписан 17 декабря 2013 года.

Миссия SPARC — стимулировать проведение европейских исследований в области робототехники. Работа партнерства основывается на приоритетах, сформулированных в программе SRA и дорожной карте MAR. SPARC является распорядителем выделенного Рамочной программой «Горизонт» бюджета на робототехнические проекты.

3.2.6. Специализированные кластеры

На данный момент в Европе существует несколько специализированных кластеров, сформированных при сильных технических университетах, в том числе Robocluster в Дании, Cap Robotique во Франции и Robotdalen в Швеции. Они стали площадками для реализации проектов, финансируемых Европейской комиссией и крупными промышленными компаниями. В отличие от США, в которых формальные объединения возникали поверх уже работающего сетевого взаимодействия участников, европейские кластеры организуются искусственно, в надежде, что формальная организация наполнится содержанием.

В отличие от развитых робототехнических кластеров США, европейские аналоги находятся на этапе становления, и во многом их создание связано с государственными инициативами. Объединения создаются на базе высших учебных заведений с техническим уклоном или уже существующих научных робототехнических сообществ, ассоциаций, исследовательских лабораторий.

Robocluster

Робототехнический кластер Robocluster был создан в Дании в 2002 году на базе научной лаборатории Robolab Университета Южной Дании. Идея его создания была поддержана ведущими высшими учебными заведениями и техническими колледжами. Кластер является одним из 20 инновационных проектов, поддерживаемых Министерством науки Дании.

Помимо взаимодействия на региональном уровне, кластер также развивает международное сотрудничество с робототехническими компаниями и ассоциациями, принимая участие в международных конференциях и проектах.

Основные направления, развиваемые кластером: промышленная и сельскохозяйственная робототехника, медицинское оборудование, сложные системы взаимодействия «человек — машина». Определенных успехов кластер добился в производстве техники для автоматизации сельского хозяйства. Датские исследователи сконцентрировались на этом направлении еще в конце 1990-х годов. Например, на базе Robocluster был создан сельскохозяйственный робот Agrobot, который удаляет или избирательно опрыскивает сорняки.

Cap Robotique

Cap Robotique — первый робототехнический кластер во Франции, являющийся частью региона инновационного развития Cap Digital. Участниками Cap Robotique являются Ассоциация институтов Карно, объединенная в лабораторию анализа и архитектуры систем (Laboratory

of Analysis and Architecture of Systems, CNRS LAAS) и робототехнические стартапы с различными специализациями, среди которых Gostai (разработчик программного обеспечения для роботов и автоматизированных систем), SpirOps (разработчик решений, связанных с искусственным интеллектом) и Voxler (разработчик аудиорешений различного применения).

Известность приобрел международный проект по созданию гуманоидного робота Romeo, который был запущен в 2009 году на базе кластера совместно с Aldebaran Robotics.

Robotdalen

Robotdalen (Robot Valley) — шведский робототехнический кластер, созданный в 2003 году и существующий в значительной степени благодаря поддержке

Европейские робототехнические проекты

В рамках седьмой Рамочной программы развития технологий и инноваций на период с 2007 по 2013 год Европейской комиссией был профинансирован ряд робототехнических проектов. Продолжительность некоторых из них превышает сроки Рамочной программы.

К примеру, в 2012 году был начат проект RoboNow, который планируется закончить в 2016 году. Бюджет проекта составляет около 9,5 млн евро, из них около 7 млн евро было получено в качестве гранта от Европейской комиссии. Проект координируется Институтом искусственного интеллекта университета Бремена и реализуется в сотрудничестве с исследователями из Франции, Греции, Голландии, Швеции, Швейцарии и Бельгии.

Основная цель проекта — создание робота, способного самообучаться при помощи скачивания из Интернета инструкций. Благодаря этому пользователь без профессиональных навыков программирования сможет самостоятельно увеличивать функционал робота. На первом этапе команда проекта остановилась на двух сценариях: приготовление еды и офисные обязанности (распечатка, снятие копий и т.д.). Для машины эта задача достаточно сложна, так как она связана с умением анализировать неструктурированные данные.

Координатором международного проекта по созданию роботизированной инвалидной коляски Robotic Adaptation to Humans Adapting to Robots (RADHAR) стал Лёвенский католический университет (Бельгия). В проекте также приняли участие исследователи из Швейцарии, Австрии, Германии и Швеции. Проект RADHAR велся в течение трех лет и был закончен в 2013 году. Затраты на его реализацию составили более 3 млн евро, около 2,5 млн из которых было получено в качестве гранта от Европейского союза.



Цель проекта RoboNow — создание робота, способного самостоятельно обучаться новым навыкам

Проект RADHAR направлен на создание системы помощи при управлении инвалидным креслом, которая принимает навигационные решения, основываясь на изменчивых условиях окружающей среды. «Умная» система RADHAR с усовершенствованными датчиками распознает сигналы, исходящие от пользователя, лазерные 3D-сенсоры и специальные камеры сканируют окружающее пространство и реагируют на препятствия, датчики тактильной информации оценивают прилагаемые пользователем усилия — все это позволяет компьютеру корректировать траекторию движения и облегчает управление транспортным средством. Роботизированный компьютер также распознает намерения пользователя и в случае необходимости готов взять управление на себя. В итоге разработанная система была протестирована на средствах передвижения для людей, не имеющих возможности двигаться самостоятельно.

Проект «Робот-Эра» (Robot-Era) связан с апробацией и адаптацией роботизированных систем и интеллектуальных сред, обеспечивающих пожилым людям безопасный уход и самостоятельное проживание. Проект реализуется с 2012 по 2015 год совместными усилиями исследователей из университетов Германии, Италии, Швеции и Великобритании. На его реализацию выделен грант в размере 6,5 млн евро. Общие затраты по проекту составляют 8,5 млн евро. В проекте «Робот-Эра» используются уже доступные прототипы и робототехнические платформы, которые адаптируются и оптимизируются для удобства использования и соответствия требованиям лиц пожилого возраста.

Проект Robofoot — «умная» робототехника для обувной промышленности. В этом секторе в Европе насчитывается около 26 тыс. компаний и 400 тыс. работников, однако робототехника практически не используется в производстве. Разработанные роботы Robofoot должны изменить данную ситуацию. Затраты по проекту составляют 3,7 млн евро, в качестве гранта Европейской комиссией выделено 2,6 млн евро. Период реализации проекта длился три года: с сентября 2010 года по март 2013 года. В проекте принимали участие ученые из Испании, Италии и Германии; его координацию осуществлял фонд Fundación Tekniker. Результатом стал робот-сапожник, заменяющий людей при выполнении небезопасных операций. Он оснащен лазерными датчиками, умеет работать с мягкими материалами, клеить, красить, полировать и упаковывать обувь.



Гуманоидный робот Romeo будет ухаживать за пожилыми людьми

государственного Агентства инновационного развития Швеции (VINNOVA). На финансирование своей деятельности Robotdalen получал от VINNOVA 1 млн евро ежегодно на протяжении периода с 2003 по 2013 год.

Кластер создан для поддержки развития робототехники и систем автоматизации в промышленности, логистике и здравоохранении. Научно-исследовательские проекты кластера реализуются на базе таких крупных компаний, как ABB, Volvo, Atlas Copco и ESAB, а также малых и средних предприятий. Основным источником исследовательских кадров — Университет Эребру и Университет Мэллардалена.

Основная задача кластера заключается в поощрении участия малых и средних предприятий в инновационных робототехнических проектах, поставке компонентов или покупке робототехнических решений. Всего за время программы роботы внедрились в деятельности более чем 170 малых и средних компаний. Участниками было предложено множество новых концепций коммерциализации роботов, из которых пять были успешно реализованы.

Robotdalen является привлекательной площадкой для иностранных компаний. Представителям кластера удалось наладить сотрудничество с компанией American Automation Valley из Детройта. Кроме того, в Robotdalen из Кремниевой долины переехала компания Giraff Technologies AB, которая занимается разработкой автоматизированной робототехнической системы телеприсутствия, позволяющей потребителям с ограниченными возможностями осуществлять прямой контакт с медицинским персоналом и членами семьи. Решение компании о переезде было основано на том, что в Европе существует большой спрос на продукты для ухода за пожилыми людьми, а также на привлекательности поддержки робототехнических компаний в Robotdalen.

3.2.7. Программа развития робототехники в Нидерландах

Нидерланды, в отличие, например, от Германии, не относятся к лидерам рынка робототехники. Наиболее сильные позиции страна занимает в нише сельскохозяйственных роботов. Крупнейший голландский производитель роботов — компания Lely является мировым лидером в области автоматических доильных систем. Еще одним сегментом, в котором национальные производители занимают сильные позиции, является робототехника для мясоперерабатывающей промышленности. Общая выручка голландских производителей роботов для доения в 2010 году

составила 390 млн долларов США — около 11% мирового рынка профессиональной сервисной робототехники и 52% сегмента сельскохозяйственных роботов. Среди прочих направлений робототехники в Нидерландах стоит отметить медицинское приборостроение (Phillips), уход за инвалидами, домашнюю робототехнику, логистику и военную робототехнику (Thales).

Одним из важных инструментов стимулирования развития приоритетных отраслей голландской экономики являются технологические платформы. В 2004 году правительством Нидерландов была основана организация ICTRegie с целью координации 15 платформ в области информационных и телекоммуникационных технологий, одной из которых стала посвященная робототехнике платформа RoboNED. В 2008 году по заказу правительства было проведено исследование Horizon Scan, в результате которого была четко сформулирована важность робототехники для дальнейшего развития страны. Осознав значение быстрорастущего мирового рынка роботов, объем которого по оценкам Ассоциации робототехники Японии (Japan Robot Association), к 2025 году составит 66,4 млрд долларов США, правительство Нидерландов поставило задачу поддержать национальных производителей, чтобы реализовать имеющийся технологический и научный потенциал.

С 2010 года координация усилий по стимулированию робототехники в Нидерландах была поручена платформе RoboNED, в задачи которой входит проведение анализа и разработка рекомендаций по развитию отрасли. Конечной целью деятельности RoboNED является трансформация накопленного потенциала в успешный бизнес. Перед организацией были поставлены три основные цели:

- 1) объединение организаций различных отраслей и различных научных направлений, имеющих отношение к робототехнике;
- 2) стимулирование инновационной экосистемы Нидерландов путем вовлечения исследовательских, образовательных, промышленных и общественных организаций;
- 3) улучшение общественного отношения к прогрессу в робототехнике.

В настоящее время платформа RoboNED объединяет 650 организаций и 340 ассоциированных участников: исследователей, предпринимателей, социальных институтов и пользователей различных продуктов и технологий робототехники. Результатом двухлетней работы участников RoboNED стала выпущенная в 2012 году «Программа развития робототехники Нидерландов» (Dutch Robotics Strategic Agenda, DRSA). Этот документ не является правительственной программой в обычном понимании этого слова с определенным планом действий и бюджетом, а представляет собой экспертную оценку перспектив развития отрасли.

DRSA содержит анализ текущего положения дел и прогноз дальнейшего развития робототехники в Нидерландах. Помимо прогнозирования спроса на внедрение роботов в различных рыночных нишах и перечисления технологических ограничений отрасли, большое внимание в программе уделяется этическим, правовым и социальным вопросам, а также образованию и влиянию прогресса в определенных областях на экономику в целом.

Среди методов, которыми пользовались авторы, можно указать:

- ♦ проведение SWOT-анализа позиций голландских разработчиков в различных сегментах рынка робототехники с привлечением отраслевых экспертов;
- ♦ метод глубинного интервью профильных экспертов для выделения технологических барьеров и построения прогнозов решения выявленных проблем;
- ♦ кабинетное исследование развития мирового рынка робототехники с целью определения и оценки наиболее перспективных сегментов.

Представленная программа развития состоит из трех основных частей: анализа текущего состояния, разработки дорожной карты и анализа глобальных трендов.

Анализ текущего состояния

На первом этапе эксперты выделили основные отрасли, в которых внедрение роботов может дать наибольший эффект.

Для каждого из этих направлений были определены проекты, компании и исследовательские институты, вовлеченные в разработку соответствующих роботов. Кроме того, был проведен SWOT-анализ конкурентоспособности национальных производителей.

Среди сильных сторон и возможностей голландских разработчиков роботов были отмечены:

- ♦ высокая востребованность роботов обществом, особенно в сфере ухода за пожилыми людьми (старение населения) и в сельском хозяйстве (рост стоимости труда);
- ♦ ведущие позиции, завоеванные голландскими университетами в разработке базовых технологий робототехники (многие из них уже доступны);
- ♦ наличие большого числа инжиниринговых компаний в области высокоточной мехатроники, а также производителей комплектующих для роботов;
- ♦ сильные позиции национальных компаний в сегменте сельскохозяйственной робототехники;
- ♦ наличие комфортной среды для развития инновационных компаний, включая прямые связи между промышленными производителями и исследовательскими лабораториями.

К слабым сторонам и угрозам для отрасли были отнесены:

- ♦ дефицит высококвалифицированных кадров, в том числе разработчиков;
- ♦ нехватка венчурного капитала для финансирования коммерциализации результатов НИОКР;
- ♦ определенные опасения в обществе, связанные со страхом потери рабочих мест и опасностью роботов для человека;
- ♦ отсутствие единых стандартов безопасности в отрасли.

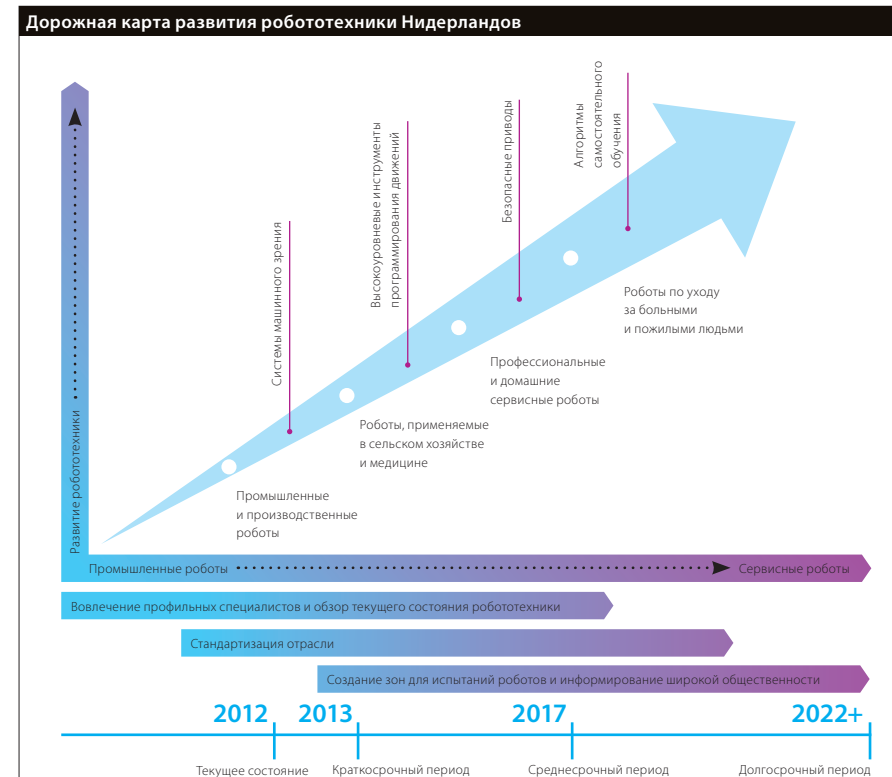
Разработка дорожной карты

На следующем этапе экспертами были определены барьеры для развития робототехники: в первую очередь технологические, а также образовательные, этические, правовые и социальные. Базовыми технологиями робототехники, которые анализировались в программе, являются:

- ♦ навигация и планирование движений;
- ♦ технологии осязания и понимания информации;
- ♦ интерактивные системы;
- ♦ обучаемые и адаптивные системы;
- ♦ разработка программного обеспечения для робототехники;
- ♦ разработка систем безопасности для сервисной робототехники.

Помимо этого в фокус внимания экспертов попали:

- ♦ обучение и подготовка профильных специалистов;
- ♦ этические, юридические и социальные аспекты робототехники.



На основании этого анализа были выделены перспективные направления развития, для которых были сформулированы кратко-, средне- и долгосрочные цели развития:

- ♦ **в краткосрочной перспективе** (2013 год) была сформулирована задача развития доступных систем машинного зрения, позволяющих реконструировать 3D-сцену и понимать окружение робота в неструктурированной среде. Наличие этих технологий необходимо для расширения возможностей роботов, применяемых в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и области здравоохранения;
- ♦ **в среднесрочной перспективе** (2017 год) планируется разработка интуитивно понятных систем программирования робота, что позволит профессиональным и домашним сервисным роботам стать более удобными для конечных потребителей. Развитие технологий безопасных для человека манипуляторов будет важным шагом на пути к увеличению количества роботов, работающих совместно с людьми;
- ♦ **в долгосрочной перспективе** (2022 год) ожидается, что алгоритмы самостоятельного обучения позволят роботам понимать поведение человека и реагировать на него, что минимизирует проблемы неприятия роботов обществом.

Анализ глобальных трендов

В заключительной части «Программы развития робототехники Нидерландов» был проведен анализ трендов развития мирового рынка роботов. В результате были определены ниши, в которых голландские разработчики имеют максимальные шансы на успех. Наиболее перспективными были признаны сервисные роботы для выполнения работы по дому, а также сегменты профессиональной сервисной робототехники, в которой местные компании уже имеют сильные позиции.

На основании сделанного анализа были сформулированы направления для развития промышленной политики в сфере робототехники:

- ♦ стимулирование процесса коммерциализации результатов прикладных исследований;
- ♦ совершенствование технологий, направленных на взаимодействие робота и человека;
- ♦ развитие технологий машинного зрения, высокоуровневого программирования движений, безопасных приводов и алгоритмов самообучения роботов;
- ♦ разработка стандартов безопасности в области робототехники;
- ♦ стандартизация различных комплектующих и узлов роботов;
- ♦ информирование общественности о значении робототехники для экономики;
- ♦ развитие обмена знаниями для реализации междисциплинарных проектов.

3.2.8. Выводы

1. Европа является лидером в производстве гражданских профессиональных сервисных роботов и занимает значимую долю на рынке промышленной робототехники.

Однако существенную угрозу ее положению представляет быстрое развитие робототехники в Японии, Южной Корее и Китае. Одним из наиболее перспективных направлений робототехники для Европы является использование роботов в малом и среднем бизнесе.

2. Основными факторами развития европейской робототехники являются государственная поддержка, отраслевая координация и механизмы софинансирования.

3. Ключевые отличия от США: меньшее внимание к военной робототехнике и незначительная роль венчурного инвестирования. Меньший спрос на военные разработки заставляет фокусироваться на коммерческих решениях, востребованных в промышленности, сельском хозяйстве, медицине. Европейский венчурный капитал традиционно развит более слабо по сравнению с американским. Основным источником финансирования для робототехнических стартапов выступает государство, а также крупные промышленные холдинги.

4. Робототехнические кластеры в Европе значительно слабее своих аналогов в США. Они созданы преимущественно по государственной инициативе на основе научных исследовательских лабораторий, специализирующихся на робототехнике и смежных направлениях. Отставание европейских кластеров можно объяснить как их малым сроком существования, так и искусственностью их создания. При этом инициатива государства не подкрепляется достаточной финансовой поддержкой, что также ограничивает развитие кластеров.

5. В Европе существенную роль в развитии робототехники имеют отраслевые ассоциации, активно участвующие в формировании промышленной политики на национальном и общеевропейском уровнях.

6. За счет государственной поддержки в виде рамочных программ и деятельности частно-государственного партнерства SPARC планируется увеличить долю европейской робототехники на мировом рынке с 35% в 2014 году до 42% к 2020 году.

3.3. Развитие робототехники в Китае

По оценкам Международной федерации робототехники (IFR), Китайская народная республика (КНР) уже сегодня является крупнейшим мировым рынком промышленных роботов. Более того, продажи в этой стране показывают максимальный прирост в мире, увеличиваясь с 2008 по 2013 год ежегодно в среднем на 36%. Высокий спрос объясняется быстрой индустриализацией экономики Китая и развитием национального автомобилестроения. Внедрение роботов в промышленности обусловлено в первую очередь возрастающей стоимостью рабочей силы, ростом требований к точности выполняемых операций, а также стремлением к сокращению вреда окружающей среде.

В 2013 году китайские компании занимали лишь 25% национального рынка промышленных роботов в натуральном выражении. Однако динамика продаж говорит в их пользу: по сравнению с 2012 годом местные производители увеличили продажи втрое (на 6 тыс.), тогда как иностранные компании — лишь на 20% (на 4,7 тыс.). Похоже, что китайские компании все-таки нашли свой путь на рынок, хотя этот процесс занял более 20 лет.

3.3.1. История развития робототехники в Китае

Робототехника в КНР была и во многом до сих пор остается промышленной. В 1970-е годы, в период становления рынка роботизированных манипуляторов, Китай не обладал технологиями для их производства, и перед экономикой страны стояли совсем другие задачи. Однако по мере индустриализации компании столкнулись с необходимостью внедрения промышленных роботов. Дело в том, что, несмотря на имеющиеся ресурсы дешевой рабочей силы, китайские производители не способны обеспечить стабильно высокое качество в таких областях, как, например, автомобилестроение. А с учетом стоимости промышленных роботов и заниженного курса юаня по отношению к доллару США импортные манипуляторы долгое время оставались слишком дорогими для национальных компаний, сдерживая развитие китайской промышленности. Чтобы преодолеть этот барьер, центральные власти КНР с середины 1980-х годов предпринимали попытки создания собственной промышленной робототехники.

Первые шаги в этом направлении были предприняты в рамках седьмого пятилетнего плана развития науки и технологий (1986–1990). Правительством Китая была поставлена задача разработки отечественных роботов для сварки металла и транспортировки грузов. Однако достичь значимых успехов в этом направлении не удалось ввиду слабого развития точного машиностроения для производства комплектующих.

На протяжении 1990-х годов робототехника не попадала в сферу особого внимания китайских чиновников. Прогресс ведущих мировых производителей промышленных манипуляторов и формирование устойчивых связей с потребителями практически полностью закрыли китайским производителям доступ на мировой

рынок. Поэтому центральное правительство КНР фактически отказалось от финансирования разработок в этой области.

Осознав критическое отставание Китая в промышленной робототехнике, правительство сделало ставку на развитие сервисных роботов. В конце 1990-х годов многие ниши на этом рынке еще не были сформированы, поэтому отставание китайских компаний от ведущих мировых производителей представлялось не столь большим, как в промышленной робототехнике. В рамках десятого пятилетнего плана развития высоких технологий (Программа 863 в 2001–2005 годах) было создано семь исследовательских и девять производственных площадок в качестве фундамента для дальнейшего развития национальной робототехники.

В середине 2000-х годов непрерывный рост заработной платы в промышленности заставил правительство Китая вновь вернуться к вопросу о внедрении промышленных роботов и начать проводить политику стимулирования производства отечественных комплектующих для манипуляторов. В рамках 11-го пятилетнего плана (2006–2010) была начата разработка отечественных моделей промышленных роботов. Однако несмотря на прогресс, достигнутый в создании отдельных моделей, в целом китайские компании пока оказались не способны достичь уровня, сопоставимого с результатами компаний ABB, KUKA и других мировых лидеров.

Помимо фактора повышения производительности труда и обеспечения высокого качества производства, роботизированные предприятия обладают еще одной важной характеристикой: бережно относятся к окружающей среде. По сравнению с применением низкоквалифицированной рабочей силы роботы минимизируют вредное влияние производства за счет экономии энергии, сокращения отходов и уменьшения стоков. Учитывая высокую антропогенную нагрузку на среду обитания в промышленных регионах КНР, этот аспект начинает играть все большую роль для местных властей.

Одной из ключевых проблем стала зависимость от поставки зарубежных комплектующих для производства манипуляторов. Учитывая отсутствие опыта в разработке промышленных роботов, которым обладают ведущие мировые компании, а также невозможность экономии на масштабе по сравнению с лидерами рынка, китайские предприятия лишались своего важного конкурентного преимущества в виде низких производственных издержек.

В июле 2012 года Государственный совет Китая опубликовал документ «Национальная стратегия и план развития новых отраслей», реализация целевых задач которого запланирована на период 12-го пятилетнего плана (2011–2015). В этой программе большое внимание уделено развитию робототехники и преодолению существующих барьеров. В частности, значительные средства были направлены на проведение НИОКР по созданию собственных технологий производства комплектующих для роботов. Помимо центрального правительства местные власти также заинтересованы в стимулировании производства роботов — в основном через создание кластеров и оказание финансовой поддержки производителям.

3.3.2. Современное состояние

Промышленная робототехника

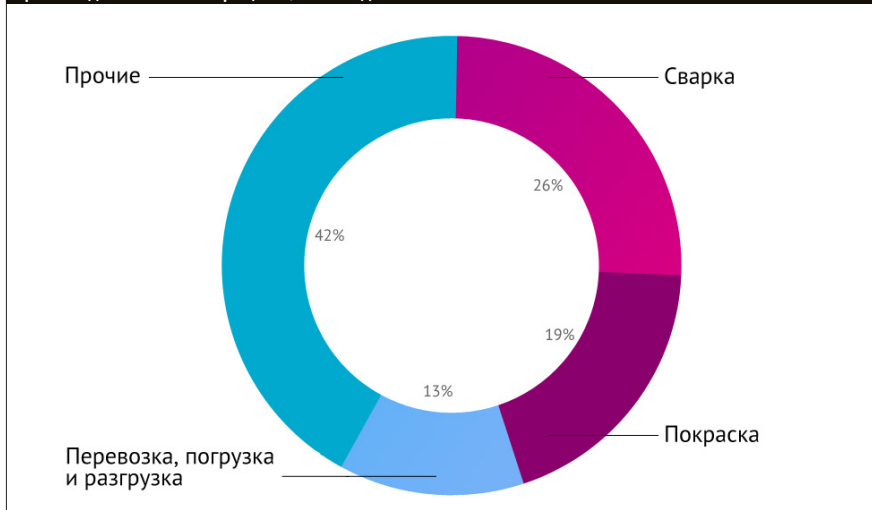
На сегодняшний день промышленная робототехника Китая достигла определенных успехов и продолжает быстро развиваться благодаря растущему спросу со стороны национальной промышленности. Наиболее востребованными являются сварочные роботы, применяемые прежде всего в автомобилестроении, за которыми в порядке убывания следуют роботы для нанесения покрытий, транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ.

Китайскими производителями уже освоен выпуск роботов, используемых для сварки металлов, распыления веществ, литья, сборки, транспортировки, упаковки, лазерной обработки, тестирования, вакуумирования и других промышленных процессов. Активно развивается направление автономно управляемых наземных транспортных средств, предназначенных для производственных нужд и складской логистики.

Цюй Даокуй, директор Альянса робототехнической промышленности Китая, заместитель председателя компании SIASUN, заявил, что КНР уже стала крупнейшим в мире рынком промышленных роботов. В 2013 году продажи на внутреннем рынке Китая выросли на 36%, достигнув в натуральном объеме 37 тыс. манипуляторов, или одной пятой от числа произведенных в мире промышленных роботов.

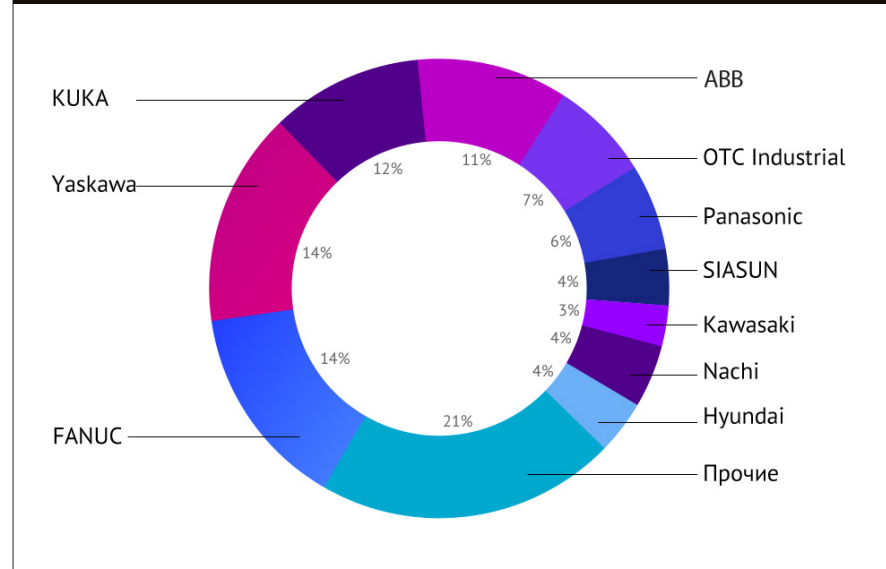
Все большую роль на рынке промышленных роботов Китая играют национальные производители. Если в 2012 году их продажи составили менее 3 тыс. штук (или 8% всех манипуляторов), то в 2013 году — уже 9,6 тыс. (25% рынка). Наиболее крупными китай-

Структура спроса на промышленную робототехнику в Китае по выполняемым производственным операциям, 2011 год



Источник: данные Международного центра трансфера технологий Университета Цинхуа.

Доли производителей промышленных роботов на рынке Китая



Источник: данные Международного центра трансфера технологий Университета Цинхуа.

скими производителями промышленных роботов являются компании SIASUN Robot & Automation, STS Industrial Robots, Anhui Effort Intelligent Equipment, Shanghai Triowin Automation Machinery и GSK CNC Equipment.

Крупнейшие мировые производители робототехники, такие как ABB, FANUC, YASKAWA, KUKA, считают китайский рынок одним из приоритетных и уже создали свои локальные филиалы в этой стране. Доля местных производителей на рынке невелика, и это объясняется отставанием их продукции по критериям точности, надежности, срока эксплуатации и экономической эффективности. Однако жесткая конкуренция между местными и иностранными робототехническими компаниями отсутствует, поскольку иностранные игроки нацелены на верхний ценовой сегмент, а внутренние — на нижний.

Сегодня Китай не обладает технологиями производства базовых комплектующих приемлемого качества и вынужден их импортировать, что, в свою очередь, приводит к снижению конкурентоспособности роботов местного производства в среднем и верхнем ценовых сегментах рынка. По мнению профессора Университета Цинхуа Кена Чена, ведущего эксперта в области робототехники, можно сделать вывод, что китайские компании пока не способны стать производителями надежных в эксплуатации механизмов, поскольку не имеют возможности производить ключевые элементы роботов.

Помимо создания недорогих манипуляторов еще одной нишей, в которой китайские компании обладают конкурентным преимуществом, является рынок системной интеграции. Местные компании в силу отсутствия культурных и языковых барьеров, а также за счет наличия налаженных связей с промышленными предприятиями успешно занимаются подготовкой проектов роботизации и их реализацией на производстве.

Сервисная робототехника

Несмотря на усилия правительства по развитию сервисной робототехники в Китае, добиться значимых результатов в этом направлении не удалось до сих пор. Хотя многие потребительские сервисные роботы (например, пылесосы Roomba) сегодня производятся в КНР, успехи местных разработчиков весьма малы. Китайская сервисная робототехника создается в основном по государственному заказу.

Среди важных достижений китайских инженеров можно отметить создание лунохода «Юйту», достигшего поверхности Луны в декабре 2013 года на межпланетной автоматической станции «Чанъэ-3». Несмотря на то что миссия столкнулась с проблемами из-за поломки мобильной платформы, «Юйту» стал первым за 40 лет планетоходом на Луне, что является большим технологическим достижением Китая.

Еще одним направлением развития космической робототехники стал разрабатываемый в Пекинском университете авиации и космонавтики двурукий робот для замены человека на орбитальной станции. Помимо того что его использование позволит снизить риски для человека, робот может функционировать на орбите годами и не требует кислорода, воды и питания, что способно существенно снизить стоимость эксплуатации станции.

Китайское правительство уделяет повышенное внимание разработке военных роботов. Подобные исследования активно финансируются в рамках Программы 863, а также Национальным фондом естественных наук КНР и Комиссией по науке, технологиям и промышленности для национальной обороны (COSTIND). В 2001–2005 годах было разработано несколько моделей дистанционно управляемых мобильных платформ, способных нести вооружение или манипуляторы. Примером подобного устройства является робот «ВэйФу», созданный инженерами Шэньянского института автоматизации (Shenyang Institute of Automation, SIA) Китайской академии наук. Этот военный робот был адаптирован для гражданского использования в полиции при осмотре подозрительных объектов. Перспективные исследования, кроме того, ведутся в направлении разработки компактных роботов для индивидуального использования, крупных многоцелевых роботов, а также технологий координации групп боевых роботов.

Помимо военных и космических разработок создаются и модели для проведения спасательных работ. Так, в 2009 году в Таншане (провинция Хэбэй) был создан робот для применения в шахтах. Это мобильное устройство оснащено датчиками метана, может определять свое местоположение и передавать данные, которые необходимы при проведении спасательных операций. Правительство Китая планирует вложить 400 млн юаней (67 млн долларов США) в разработку роботов этого класса с целью повышения безопасности труда шахтеров.

Существуют в КНР и разработки в области подводных автономных устройств. Так, в уже упомянутом SIA был разработан первый китайский подводный робот «Северный полюс». С его помощью осуществлялись подледные научные исследования в условиях 84-го градуса северной широты.

Китайские сервисные роботы, ориентированные на коммерческий сегмент, пока крайне редки. Исключением является модель Unisrobo, разработанная компанией JUST GOOD Technology и дочерним предприятием Университета Цинхуа — UNIS. Робот представляет собой мобильную платформу для обучения детей английскому языку и хорошим манерам. По дизайну Unisrobo похож на разработанную в 1997 году модель PaPeRo от компании NEC. Однако китайские инженеры внесли в конструкцию ряд доработок устройства и сенсоров. Важной особенностью этих продуктов является их доступность: если PaPeRo можно лишь арендовать у NEC за 10 тыс. йен (около 100 долларов США) в месяц, то стоимость Unisrobo составляет от 460 до 615 долларов США.

Большинство китайских разработок в сфере коммерческой сервисной робототехники находятся на этапе исследований и лабораторных макетов. В немногочисленных сегментах (например, медицинское оборудование) преобладают иностранные производители. По мнению профессора Кена Чена, существенный спрос на сервисных роботов со стороны домашних хозяйств еще не сформирован. На китайском рынке практически отсутствуют влиятельные мировые бренды. Несмотря на перспективы в будущем стать крупнейшим рынком сервисной робототехники, пока Китай составляет очень незначительную его долю.

3.3.3. Цели развития отрасли

По оценкам опрошенных китайских экспертов, рынок робототехники испытывает системные проблемы. Одной из них является отсутствие четкого сценария развития отрасли: некоторые институты работают над решением одних и тех же задач. Другим явным препятствием для роста остается слабый уровень развития в КНР точного машиностроения. По причине зависимости от импорта комплектующих китайские производители не способны предложить конкурентоспособные цены на производимое оборудование. Ван Тяньмяо, руководитель группы робототехники Программы 863 в рамках 12-го пятилетнего плана, предлагает следующие меры по развитию китайского рынка робототехники:

- ♦ проведение передовых поисковых исследований в области сервисной робототехники;
- ♦ усиление прикладной направленности НИОКР;
- ♦ осуществление демонстрационных испытаний промышленных роботов с целью повышения доверия к китайским производителям на внутреннем рынке;
- ♦ стимулирование автоматизации отдельных этапов производства.

Заместитель директора департамента оборудования Министерства промышленности и информационных технологий Ван Вэйминь заявил, что промышленная робототехника Китая сегодня переживает период, связанный с множеством вызовов и новых возможностей. Основной целью государства является формирование экосистемы разработчиков роботов и создание трех — пяти компаний, конкурентоспособных на глобальном уровне. Для достижения этих целей требуется радикально повысить эффективность национальных производителей. По его оценкам, в результате китайские

компании смогут занять до 45% внутреннего рынка роботов. Кроме того, робототехника играет ключевую роль в укреплении национальной обороны, индустриализации промышленности и экономическом развитии Китая. Для обеспечения глобальной конкурентоспособности в сегменте промышленной робототехники необходимо активизировать работу по следующим направлениям:

- ◆ оптимизация конструкции манипуляторов;
- ◆ разработка роботов с «интеллектуальным контролем»;
- ◆ создание технологий производства ключевых комплектующих;
- ◆ развитие программного обеспечения для моделирования действий роботов;
- ◆ разработка технологий внешнего контроля движений робота;
- ◆ создание линий для серийного выпуска промышленных роботов;
- ◆ удаленная диагностика промышленных роботов;
- ◆ системы взаимодействия роботов с прочим промышленным оборудованием;
- ◆ оптимизация электромеханических систем;
- ◆ развитие динамического моделирования гибких, быстродействующих и тяжело нагруженных манипуляторов.

По оценкам экспертной комиссии Программы 863, сервисная робототехника, скорее всего, будет в фокусе внимания в рамках 13-го пятилетнего плана на 2015–2020 годы.

3.3.4. Роль промышленных кластеров

Наряду с финансированием научных исследований в рамках Программы 863 основным инструментом развития высокотехнологичного производства в Китае является создание отраслевых кластеров. Подобные зоны управляются местными властями и отвечают за координацию усилий по развитию промышленности: от привлечения перспективных компаний до строительства инфраструктуры, от доступа к финансированию до налоговых льгот. В настоящее время реализуется 10 проектов по созданию кластеров для производства роботов в различных провинциях страны.

Центральное правительство также уделяет повышенное внимание развитию робототехники. Так, в апреле 2014 года по его инициативе был создан Альянс робототехнической промышленности Китая. Основной задачей организации является сбор отраслевой информации и развитие коммуникации между основными участниками процесса разработки новых роботов. Подобные организации создаются и на уровне отдельных провинций.

Промышленный кластер в Шанхае

Промышленный парк робототехники Шанхая в районе Баошань был основан в 2012 году по решению Шанхайской муниципальной комиссии по экономике и информатизации. Поддержка парка входит в сферу ответственности правительства города. Его резиденты пользуются административной поддержкой в рамках 12-го пятилетнего

плана развития промышленности. На сегодняшний день более ста компаний являются резидентами парка, включая Shanghai-FANUC Robotics, некоторых производителей роботов для автомобилестроительной отрасли, а также разработчиков сервисных роботов. Парк Баошань не является единственной площадкой в области робототехники в городе: строится парк в престижном деловом районе Пудун, а также проектируются несколько площадок в пригородах Шанхая. Помимо выпуска промышленных роботов в регионе планируется сконцентрировать производителей ключевых компонентов: высокоточных редукторов, сервоприводов и систем управления.

Перед руководством парка Баошань поставлена задача привлечь к концу 2017 года более 600 предприятий в области робототехники. Ожидается, что суммарные инвестиции в их создание составят 20 млрд юаней (3,3 млрд долларов США). В результате должно быть создано не менее 30 тыс. рабочих мест, а налоговые доходы региона от деятельности резидентов повысятся на 1 млрд юаней (167 млн долларов США).

Технологические предприятия малого и среднего бизнеса в Шанхае могут пользоваться программой залоговых кредитов на сумму до 520 млн юаней (85 млн долларов США) со сниженными требованиями по обеспечению и простой процедурой подачи заявки. Кроме того, разработчикам роботов предоставляются специальные субсидии: до 20% от расходов на НИОКР.

Четыре мировых лидера по производству промышленных роботов: ABB, FANUC, KUKA и Yaskawa — открыли свои представительства в Китае именно на территории Шанхая. Такая концентрация производителей обусловлена быстрым развитием автомобилестроения в этом регионе.

Объем производства промышленной робототехники в Шанхае в 2012 году оценивался в 6–7 млрд юаней (1–1,1 млрд долларов США) в год. В качестве целевого показателя на 2015 год правительство Шанхая определило сумму 20 млрд юаней (6,7 млрд долларов США), а в 2020 году — 60–80 млрд юаней (10–13 млрд долларов США), или 50% рынка роботов в Китае.

Международный промышленный парк робототехники в Циндао

Эта площадка является крупнейшей в сфере робототехники на севере Китая. В парке Циндао сосредоточены исследовательские лаборатории, местные производители роботов, а также зарубежные предприятия из Японии, Южной Кореи, Европы и США. В мае 2013 года на территории парка были запущены пять производственных проектов компаний Yaskawa, Haier Group, Rubber Valley, Leitong Heavy Industry и Shuotai Technology. Всего в парке реализуется 11 проектов, включая производство компанией China Eastern Machinery крупнейшего в мире 240-тонного манипулятора для промышленнойковки. Основная специализация площадки — промышленная робототехника. В 2012 году совокупная выручка резидентов парка составила 150 млн юаней (25 млн долларов США). К 2023 году количество участников, по прогнозам, должно преодолеть порог в 50 компаний.

ABB: трансфер технологий в обмен на доступ к рынку

В середине 2000-х годов крупнейшие производители промышленных роботов начали выходить на китайский рынок. Помимо представителей «большой четверки» — KUKA, FANUC, ABB и Yaskawa, интерес к растущему рынку автоматизации промышленности проявляли многочисленные американские, японские, итальянские и корейские предприятия. Однако местные власти активно регулировали этот процесс, допуская на рынок компании, готовые к локализации производства и разработок в Китае.

Компания ABB Robotics согласилась с предложенными «правилами игры», благодаря чему стала одним из флагманов робототехники на растущем китайском рынке.

В 1994 году для выхода на китайский рынок в Шанхае была создана дочерняя компания ABB Robotics — первое представительство международной компании в области робототехники в Китае.

В 2005 году ABB запустила локальное производство промышленных роботов. Одним из ключевых клиентов ABB Robotics в Китае стало шанхайское подразделение концерна Volkswagen, с которым были реализованы проекты по строительству шести производственных линий для выпуска автомобилей Santana для локального рынка.

В апреле 2006 года ABB Robotics заявила о создании своей штаб-квартиры в Шанхае, а в 2009 году компания переехала в промышленную зону Канцяо в районе Пудун, что способствовало увеличению производственных мощностей более чем в три раза. В 2011 году ABB объявила о начале сотрудничества с крупнейшим китайским системным интегратором в сфере робототехники — Xiamen Siert Robot System. Компании создали совместное предприятие в городе Чэнду для реализации проектов в области промышленной сварки.

С 2005 года средний темп прироста продаж роботов ABB в натуральном выражении составлял 30%. В сентябре 2013 года компания отмечала выпуск 20-тысячного робота ABB, произведенного китайскими подразделениями. По словам главы ABB Robotics в Северной Азии и Китае Гань Линжу (Gan Linru), продукция его подразделения уже экспортируется в страны Америки, Европы и других регионов.

Важным фактором, без которого успешное проникновение ABB на китайский рынок вряд ли было бы возможным, является локализация производства и разработки роботов. В 2005 году компания открыла свой исследовательский центр в Шанхае. Основным направлением деятельности этого подразделения является адаптация продуктов ABB для местного рынка. Примером такой разработки стала модель робота «Китайский дракон» IRB120 с панелями управления, адаптированными для китайского языка.

Штат научных сотрудников и инженеров ABB на территории Китая насчитывает более 2 тыс. человек, задействованных в проведении исследований и выполнении конструкторских работ. Среди направлений деятельности ученых есть не только проектирование манипуляторов, но и осуществление передовых исследований наряду с европейскими лабораториями ABB. С 2010 по 2013 год численность сотрудников исследовательского подразделения ABB в Китае выросла вдвое. Кроме того, компания активно сотрудничает с более чем 10 местными университетами. Успех компании определен тем, что она приняла предложенную ей стратегию перехода от принципа «сделано в Китае» к принципу «создано в Китае», что обеспечило режим максимального благоприятствования со стороны местных властей.

Промышленный парк робототехники в Чунцине

В районе города Чунцин действует три профильных технопарка: индустриальный парк Шуанцзян специализируется на промышленной робототехнике, парк Шуанфу — на потребительской, а парк Бишань — на профессиональной сервисной робототехнике. Правительство города стремится сделать Чунцин китайской «столицей роботов». Уже сегодня робототехника составляет примерно 70% от общего объема промышленного производства в регионе.

Резиденты индустриального парка Шуанцзян занимаются изготовлением компонентов для автомобильной и электронной промышленности. Ведущую роль в осуществлении прикладных исследований играет Чунцинский институт Китайской академии наук. Помимо предоставления инфраструктуры индустриальный парк помогает решать вопросы с трансфером технологий, а также оказывает поддержку в вопросах обучения персонала и финансирования резидентов. В соответствии с подходом «анализ конкурентов — копирование — модификация — переосмысление» (Introduction — Digestion — Assimilation — Reinnoation) на текущем этапе компании фокусируются на разработке и производстве промышленных роботов. Дальнейшее развитие идет в направлении непроизводственных манипуляторов для складской и транспортной логистики, а также в сторону высокомаржинальных профессиональных роботов.

В рамках 12-го пятилетнего плана все налоговые поступления внутри района Шуанцзян направляются на дальнейшее развитие кластера. В частности, муниципальные власти города Чунцин заложили в проект бюджета на 2015 год 10 млрд юаней (3,3 млрд долларов США) для поддержки новых разработок и финансирования инфраструктурных объектов. Кроме того, любая компания, у которой продажи высокотехнологической продукции составляют не менее 60% от оборота, может претендовать на льготную ставку налога на прибыль (10% вместо стандартных 25%). Компаниям-резидентам индустриального парка предоставляются субсидии на обслуживание кредитов, обеспечивается приоритетный доступ на местный рынок; кроме того, им оказывают содействие в подготовке квалифицированных кадров.



К 2015 году планируется довести число резидентов парка Шуанцзян до тридцати, достигнув выпуска в размере 40 тыс. промышленных роботов и ключевых комплектующих к ним, что в денежном выражении должно составить 20 млрд юаней (3,3 млрд долларов США). К 2020 году ожидается, что число резидентов достигнет двухсот, объем производства будет на уровне 100 тыс. промышленных роботов и 1 млн профессиональных сервисных при совокупной выручке 50 млрд юаней (8,2 млрд долларов США).

Зона Тяньцзинь Биньхай

Еще одним районом опережающего развития является экономическая зона Биньхай неподалеку от города Тяньцзинь, который занимает выгодное положение на берегу Желтого моря в 117 км от Пекина. В 2012 году совокупная выручка резидентов экономической зоны Биньхай достигла 1,4 трлн юаней (228 млрд долларов США). Примерно 20% этой суммы приходится на компании из сферы промышленной автоматизации. В этом регионе производятся станки с ЧПУ и оборудование для таких отраслей, как авиация, нефтехимическая промышленность, металлообработка, точное приборостроение, электроника, медицинское приборостроение, автомобильная промышленность и сельское хозяйство. Такие лидеры мирового рынка автоматизации, как Siemens, Pepperl+Fuchs, OMRON и Adtech, уже открыли свои филиалы в этом районе. Одним из стратегических конкурентных преимуществ этого района является близость к Пекину и возможность привлекать выпускников столичных университетов.

В первой половине 2014 года в экономической зоне Тяньцзинь Биньхай было запущено 17 проектов в сфере сервисной робототехники, технологий «умного дома» и мультимедиа, которые привлекли инвестиции в размере более 6,5 млрд юаней (1,1 млрд долларов США). Производственная база для роботов с искусственным интеллектом принадлежит филиалу Университета Цинхуа и центру Пекинского технологического института, специализирующемуся на производстве роботов. Научные организации расположены непосредственно в специальной портовой зоне. Университет Цинхуа специализируется на роботах для подводного бурения, подводной сварки, судоремонта и обслуживания морских ветряных электростанций. Центр при Пекинском технологическом институте фокусируется на исследовании антропоморфных роботов и погрузочно-разгрузочном оборудовании. Резидентам особой экономической зоны Биньхай предоставляются налоговые льготы (15%-ный налог на прибыль), а также гранты на строительство и развитие территории.

3.3.5. Выводы

1. В 2013 году Китай стал крупнейшим рынком промышленной робототехники в мире. Основным фактором его роста является быстрое развитие промышленности, прежде всего автомобилестроения.

2. Уровень роботизации промышленности в КНР остается крайне низким по сравнению с развитыми странами, что определяет интерес к местному рынку со стороны крупнейших производителей промышленных роботов.

3. Китайские производители показывают быстрый рост и уже занимают четверть внутреннего рынка. Серьезной проблемой для их развития является нехватка собственных качественных комплектующих, производство которых невозможно без высокоточного машиностроения.

4. До последнего времени существенным препятствием развития робототехники в Китае было отсутствие целостной отраслевой политики, однако в последнее время этой теме уделяется все больше внимания: государством поставлена задача создания нескольких сильных национальных производителей роботов, конкурентоспособных в глобальном масштабе, реализуются исследовательские программы центрального правительства, создаются промышленные кластеры при поддержке региональных властей. Активно используются гранты на проведение исследований для научных лабораторий и малых компаний, а также налоговые льготы и субсидии на строительство инфраструктуры для средних и крупных компаний.

5. В отношении международных производителей китайское правительство проводит политику постепенного допуска на локальный рынок в обмен на локализацию производства и создание исследовательских центров.

6. В настоящее время в фокусе внимания правительства КНР находится промышленная робототехника, в которой нуждается растущая национальная промышленность. Эксперты связывают большие надежды с развитием сервисной робототехники в будущем, но пока она находится на стадии разработки единичных экземпляров для государственных нужд.

SIASUN. История национального чемпиона

Компания SIASUN Robot & Automation символизирует собой становление китайского роботостроения. Цюй Даокуи, нынешний президент компании, часто использует слово «повезло», чтобы описать свой карьерный рост. За 20 лет своего развития вопреки всем трудностям каждый новый продукт компании оказывался востребован рынком. Сегодня SIASUN является крупнейшим местным производителем промышленных роботов в Китае.

1994–1997: развитие на базе института

Наставник будущего президента SIASUN, «отец китайской робототехники» Цзян Синьсун убедил ученого Цюй Даокуя вернуться из Германии в КНР, чтобы создать научно-исследовательский центр для разработки промышленных роботов. В то время китайская робототехника значительно отставала от уровня развитых стран и была не способна создавать конкурентоспособные модели даже для внутреннего рынка. Понимая, что создание робота с нуля займет слишком много времени, Цюй приобрел 20 манипуляторов у компании Yaskawa Electric и разработал свою собственную операционную систему для них. Благодаря налаженной кооперации с Шэньянским институтом автоматизации (SIA) Цюй и его коллеги смогли найти первых клиентов, для которых они решали актуальные прикладные проблемы. На следующем этапе разработчики начали создание собственных манипуляторов, чтобы сформировать репутацию надежного производителя. Цюй собрал команду, которая занималась полным циклом: от исследований и разработки манипуляторов до сборки, тестирования и интеграции в производство. На базе этого коллектива был сформирован отдел института в SIA.

Нужно заметить, что попытки создания промышленных роботов предпринимались SIA начиная с конца 1970-х годов. В то время упор был сделан на разработку автоматически управляемых транспортных средств (Automatic Guided Vehicle, AGV), которые импортировались в Китай и стоили слишком дорого для местных потребителей. SIA был крайне заинтересован в развитии продуктов типа AGV, с огромным потенциальным спросом на них со стороны промышленных компаний, и надеялся предложить разумную для китайских клиентов цену. В результате разработок к 1991 году удалось создать платформу AGV собственного производства, которая была востребована автопроизводителями Shenyang Jinbei Auto и FAW Group, а также Samsung Techwin — аэрокосмическим и оборонным подразделением корейской корпорации Samsung.

1997–2000: создание

Постоянная разработка новых продуктов в рамках SIA позволила сформировать опытную команду инженеров и заработать репутацию на внутреннем рынке. В результате в 1998 году институт занял примерно треть внутреннего рынка роботов типа AGV в Китае.

Дальнейшее развитие в рамках государственного института было неэффективно, поэтому Цюй поставил перед руководством SIA вопрос о создании коммерческого предприятия. Несмотря на то что первоначально институт был против передачи 30% акций компании частным лицам, основателю удалось убедить руководство, что это важно для стимулирования предпринимательской инициативы. В итоге 30%-ный пакет в SIASUN был разделен между четырьмя основателями, включая Цюя. 30 апреля 2000 года была зарегистрирована компания SIASUN. Цюй возглавил ее в должности президента. При этом SIA до сих пор остается крупнейшим акционером SIASUN с пакетом в 48% акций. Название компании является английской транскрипцией фамилии основателя Цюя — Цзянь Синьсуна, а также переводится как «новая сосна» (新松), что символизирует дерево, способное выжить в суровых условиях и стать сильной опорой.

2001–2003: разработка промышленных роботов

Этот период отмечен быстрым развитием SIASUN. Основным фактором роста бизнеса стал высокий спрос на промышленных роботов со стороны растущей промышленности. Чтобы быть ближе к клиентам, компания построила производственные площадки в индустриальном парке Шэньяна, а также создала филиал в индустриальном парке в Шэньчжэне. Помимо базовых центров, в крупных городах страны были созданы центры продаж технологической поддержки.

Вдобавок к линейке своих роботов AGV в 2002 году SIASUN разработала промышленного робота для точечной сварки. В 2003 году была начата разработка первого китайского робота для обезвреживания взрывных устройств. В этот период компания делает особенный упор на повышение качества обслуживания клиентов, расширение линейки производимых устройств и поиск новых ниш для применения промышленных роботов.

2004–2014: международная экспансия

В этот период SIASUN существенно расширяет свой бизнес по производству автоматически управляемых транспортных средств на внешние рынки. Для этого компания привлекает иностранные инвестиции, проводит активную политику по созданию совместных предприятий и поглощает других игроков рынка. В результате этой работы была создана международная компания, обладающая конкурентоспособными технологиями производства и занимающая лидирующее положение среди китайских производителей роботов. К концу 2004 года выручка SIASUN составила более 300 млн юаней (50 млн долларов США), или 30% на рынке AGV в Китае.

В 2007 году компания начала поставлять своих роботов AGV на мировой рынок. Продукт компании выиграл тендер на автоматизацию операций трех новых заводов компании General Motors. SIASUN расширила глобальный бизнес в направлении таких стран, как Бангладеш, Мексика, Индия, Россия и Канада. С тех пор автомобильные компании, такие как FAW Group, Shanghai GM, Changan, Ford и Chery, стали важными клиентами SIASUN.

Финансовый кризис 2008 года заставил SIASUN обратить внимание на выгоды от международного сотрудничества. Компания начала активно искать объекты для поглощения и в итоге приобрела компанию C-CON из Германии, чьими клиентами являются такие бренды, как Mercedes-Benz, BMW, Audi и Thyssen Krupp. После нескольких раундов переговоров и обсуждений обе стороны достигли соглашения, согласно которому SIASUN и корпорация промышленного развития Шэньяна стали ключевыми акционерами компании C-CON.

30 октября 2009 года компания успешно провела размещение акций на сумму около 279 млн юаней (46 млн долларов США) на Гонконгской фондовой бирже. Сегодня SIASUN представляет собой крупную китайскую корпорацию в области робототехники. Компания обслуживает основные промышленные регионы Китая, включая дельту реки Чжунцзян, дельту реки Янцзы и экономическую зону Бохай. Четыре дочерних предприятия корпорации работают в Пекине, Шанхае, Ханчжоу и Шэньчжэне. Компания основала два подразделения Национального исследовательского инженерного центра по робототехнике в провинциях Шаньдун и Гуанчжоу. На сегодня SIASUN способна выводить на рынок от 5 до 10 новых продуктовых линеек каждый год, чтобы сохранить свои лидирующие позиции в Китае.

Все разработки компании могут быть объединены в четыре направления: промышленные роботы, железнодорожное оборудование, энергетическое оборудование и профессиональная сервисная робототехника. Подобно другим компаниям, занимающимся промышленной автоматизацией, SIASUN активно пользуется поддержкой со стороны государства. Например, в 2011 году правительством округа Сяошань компании был предоставлен грант в размере 40 млн юаней (6 млн долларов США) для продолжения исследований.

3.4. Развитие робототехники в Южной Корее

Южная Корея — яркий пример страны, достигшей успеха в применении стратегии догоняющего развития. Если в 1962 году по показателю валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения Республика Корея находилась на 90-м месте (между Нигерией и Кенией), то в 2013 году страна заняла 22-е место по этому показателю (33,4 тыс. долларов США), опередив Израиль (32,1 тыс. долларов США) и лишь немного уступив Великобритании (35,8 тыс. долларов США) и Италии (34,1 тыс. долларов США).

Успешное развитие этого практически лишенного природных ресурсов государства обусловлено быстрой индустриализацией и созданием современных высокотехнологичных компаний. Рост производства привел к возникновению емкого внутреннего рынка промышленных манипуляторов, который стимулировал национальных производителей. Важную роль в развитии робототехники сыграла государственная поддержка.

Сегодня по данным Международной федерации робототехники Южная Корея находится на третьем месте после Японии и Германии по абсолютному числу используемых промышленных роботов. Робототехника начинает приобретать большое значение для экономики Южной Кореи. Так, в 2012 году применение роботов было официально признано одним из ключевых факторов экономического развития государства в среднесрочной (5–8 лет) перспективе.

3.4.1. История становления отрасли

Первый промышленный робот для сварки был представлен в Южной Корее еще в 1978 году. В это же время была создана Korea Numeric Corporation — совместное предприятие японского производителя роботов FANUC и корейской компании Hwacheon Machinery Works. Первое время ставка была сделана на развитие промышленных манипуляторов, востребованных растущей промышленностью. Ведущую

роль в развитии национальной робототехники играло правительство Кореи, которое финансировало прикладные исследования, а также заимствовало технологии благодаря сотрудничеству с лидерами мирового рынка.

В 1999 году была сформирована Корейская ассоциация робототехнической промышленности (Korean Association of Robot Industry, KAR), основная деятельность которой направлена на стимулирование развития промышленной робототехники. С ростом интереса к сервисным роботам в 2003 году была образована Корейская ассоциация передовой интеллектуальной робототехники (Korea Advanced Intelligent Robot Association, KAIRA), которая в 2008 году объединилась с KAR.

В начале 2000-х годов правительство Южной Кореи начало проводить политику развития сервисной робототехники. Основными факторами, определяющими потребность в новых продуктах в этом сегменте экономики, стали рост уровня жизни и старение населения. Приоритетными направлениями развития являются уход за инвалидами и пожилыми людьми, сфера коммунального обслуживания, образование, охрана порядка и высокотехнологичная медицина.

3.4.2. Современное состояние

Промышленная робототехника

Южная Корея является мировым лидером по соотношению числа промышленных роботов и людей, занятых на производстве. В 2010–2011 годах значительные инвестиции в электронику и машиностроение вывели страну на первое место по этому показателю. В 2012 году на 10 тыс. рабочих в корейской промышленности приходилось 396 роботов, в то время как в Японии было 332, а в Германии — 273 робота. Первоначально рынок заняли ведущие японские и немецкие производители роботов. Однако в последние годы импорт роботов в Южную Корею постепенно сокращается благодаря проведению политики импортозамещения.

Этапы развития робототехнической промышленности Южной Кореи

1978

Зарождение робототехники: появление первых промышленных роботов

1987

Начало активного финансирования государством НИОКР в области разработки промышленных роботов

2000

Смещение фокуса государственной промышленной политики на стимулирование сервисной робототехники

2008

Формирование правовых норм в области робототехники, активная отраслевая политика в области импортозамещения

2013

Установка на достижение лидерства в мировом производстве роботов

С 1995 по 2010 год выпуск промышленной продукции в Южной Корее увеличивался в среднем на 7% в год при небольшом сокращении числа людей, занятых на производстве. Без широкого внедрения роботов и других технологий автоматизации невозможно было бы обеспечить столь значительный рост производительности труда.

Спрос на роботов также обусловлен повышением требований к точности обработки и позиционирования в электронной промышленности. Например, при изготовлении жидкокристаллических дисплеев компании LG используются стеклянные панели длиной 2,5 м и толщиной 0,5 мм, которые необходимо установить с точностью 50 мкм, что очень сложно сделать при использовании ручного труда.

Однако основной спрос на промышленные манипуляторы в Южной Корее формируют автомобилестроение и тяжелая промышленность. Автопроизводители приобретают 18% всех промышленных роботов в стране. Строительство новых заводов Hyundai Motor Company в Бразилии, Мексике и Турции вызвало резкий рост экспорта южнокорейских роботов в эти страны.

Приоритетами прикладных исследований и инноваций в робототехнике являются автомобилестроение, судостроение, электроника, точное машиностроение, инжиниринг, мехатроника, транспортная, пищевая и химическая промышленности. Основные разработки ведутся на базе 11 национальных исследовательских центров в тесном взаимодействии с производственными компаниями и университетами.

Сервисная робототехника

Задача развития сервисной робототехники была поставлена правительством Южной Кореи в самом начале 2000-х годов. В период с 2002 по 2010 год в развитие этого направления государством было вложено более 730 млн долларов США. В результате было разработано несколько прототипов и сформирована государственная инфраструктура для поддержки робототехники. Акцент был сделан на сегментах образования, здравоохранения и безопасности.

Среди крупных игроков, разрабатывающих сервисных роботов, наиболее известна компания Dongbu. Помимо производства промышленных манипуляторов для автомобильной, полупроводниковой и электронной промышленности, а также для производства жидкокристаллических дисплеев, компания успешно развивает технологии роботов-питомцев, конкурируя на мировом рынке с японскими аналогами. Робот-собака Genibo, выпущенный на рынок в 2005 году, изначально не является оригинальной идеей, однако по технологическим и качественным характеристикам этот питомец превосходит оригинал — японского робота Sony ERS-7 Aibo. Genibo больше похож на настоящую собаку по поведению и внешности. Робот понимает сто команд и умеет реагировать на них, имитируя эмоции, настроение, характер и привязанность.

Еще одним примером корейской сервисной робототехники может служить компания Yujin Robot. Она основана в 1988 году и на данный момент имеет 115 сотрудников.

Компания вела разработки и продажи промышленных роботов, однако с начала 2000-х годов активно развивает сервисное направление: роботов-уборщиков и роботов-педагогов. Yujin Robot поставила перед собой цель стать по величине выручки третьей компанией в мире в области сервисной робототехники. Объем ее продаж за 2012 год составил 23,9 млрд корейских вон (22,8 млн долларов США). В Корее популярность компании принесла модель iRobi Q, созданная для обучения и развлечения детей и дающая родителям и учителям возможность удаленно наблюдать за ребенком.

Особенной популярностью в Южной Корее пользуются развивающие игрушки-роботы. По данным за 2012 год из 8,4 тыс. детских садов около 1 тыс. использовали iRobi Q и Genibo в педагогическом процессе. Помимо интереса детей и родителей к роботам этот выбор имеет и экономическое основание: игрушка-робот для обучения английскому языку стоит существенно дешевле, чем работа носителя языка в течение одного месяца. В будущем ожидается распространение практики применения роботов в качестве помощников преподавателя в учебном процессе.

Развитие медицинских роботов также является одним из приоритетов государственной политики. Например, Министерство экономики знаний (Ministry of Knowledge Economy, MKE) Республики Корея участвовало в финансировании разработки робота-хирурга крупнейшим производителем промышленных роботов Hyundai Heavy Industries. Из перспективных направлений исследований можно отметить проект Korean Robot Research Initiative, объединяющий несколько разработок медицинских микроботов, от капсульного робота для обследования сосудов до создания роботов, перемещающихся за счет движения бактерий.

Еще одним типичным примером сервисной робототехники является робот-гид Jinny, выпуск которого начался в 2005 году. Этот диалоговый робот предназначен для проведения экскурсий в Национальном музее науки Кореи и способен отвечать на вопросы о погоде, пробках, а также сообщать другую актуальную информацию. Разработка этой модели была выполнена на базе Исследовательского центра интеллектуальной робототехники при поддержке Корейского института науки и технологий (Korea Institute of Science and Technology, KIST) при участии компании Hyundai Heavy Industry.

Особенностью корейской робототехники является конвергенция сервисного и промышленного сегментов. Поскольку созданием сервисных роботов занимаются в основном крупные компании, их разработки находят применение в промышленности. Одним из примеров может служить создание в 2014 году робота для прокладки кабеля на судах и плавучих платформах. Этой разработкой занимается судостроительный конгломерат Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME). Ожидается, что робот позволит компании сэкономить порядка 4,5 млн долларов США в 2014 году и 14,5 млн в 2017 году.

Однако наиболее показательным примером взаимного проникновения промышленного и сервисного секторов рынка робототехники является разработка экзоскелета, представленного DSME в 2013 году. Это устройство представляет собой роботизированный костюм, который снижает физическую нагрузку на работника: при перемещении груза в 30 кг оператор будет ощущать вес только 5 кг. Компания выпустила

две версии экзоскелета: электрическую и гидравлическую. В будущем планируется увеличить грузоподъемность до 40 кг. Эта модель была разработана при сотрудничестве с Университетом Ханьянга (Hanyang University), Корейским институтом промышленных технологий (Korea Institute of Industrial Technology) и Корейским институтом науки и технологий (Korea Advanced Institute of Science and Technology). Стоимость робота сегодня составляет 48,5 тыс. долларов США, однако ожидается, что после организации массового производства его цена будет в два раза меньше.

В последнее время заметна активность корейских производителей в разработке систем автопилотов для легковых машин. Например, при проектировании новых моделей автомобилей компании Hyundai была поставлена задача создать собственную технологию помощи водителю (Advanced Driver Assistance System), включающую системы кругового обзора, контроля движения, парковки, предупреждения о смене полосы и другие элементы искусственного интеллекта автомобиля. Разработкой проекта занималась компания Hyundai Mobis в сотрудничестве с ведущими университетами Кореи.

3.4.3. Государственные программы поддержки

Основу национальной экономики Южной Кореи составляют порядка 30 крупнейших финансово-промышленных групп, так называемых «чеболей»: Samsung, Hyundai, POSCO, LG, Lotte и др. Высокая концентрация ресурсов сыграла ведущую роль в построении конкурентоспособных национальных корпораций и в индустриализации страны в целом. Государственные власти Республики Корея определяют приоритеты развития экономики и координируют взаимодействие прикладной науки и крупного бизнеса.

Подобно Китаю, политика Южной Кореи в отношении развития науки и технологий формулируется в пятилетних планах научно-технологического развития. Действующий план, принятый в июле 2013 года, делает упор на энергетике, экологии, информационно-коммуникационных технологиях и здравоохранении. Его реализация предполагает создание 640 тыс. новых рабочих мест за счет развития инновационной промышленности. При этом финансирование науки и технологий из бюджета Республики Корея возрастет на 35% по сравнению с прошлой пятилеткой и составит 88 млрд долларов США в период с 2013 по 2017 год.

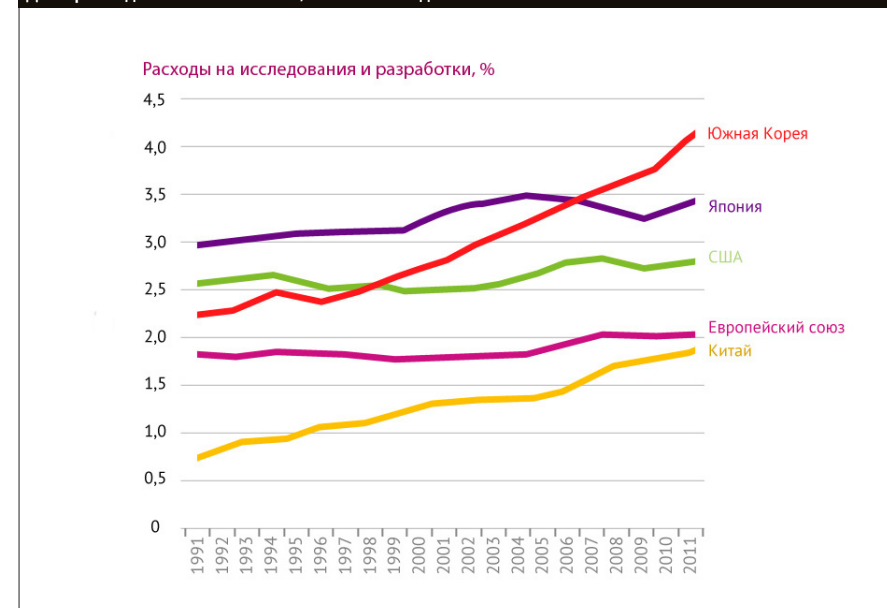
Национальный научно-технологический совет (National Science and Technology Council, NSTC), сформированный в 2011 году, распределяет 70% государственного бюджета на исследования и разработки. Бюджет NSTC в 2012 году составил 16 млрд долларов США, половина из которых была направлена в национальные исследовательские институты и по 25% непосредственно в университеты и промышленность. Основной стратегией NSTC является адаптация инноваций США, Японии и стран Европы. Корея активно критикуется за подобную стратегию заимствования, поскольку приоритет краткосрочных прикладных исследований не позволяет создать собственный научный задел. Однако эта же особенность позволяет быстро и эффективно перенимать достижения других стран. Оставшиеся 30% бюджета на исследования и разработки распределяют Министерство образования, науки и технологий (Ministry of Education, Science, and Technology, MEST) и Министерство экономики знаний.

Среди стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) Южная Корея имеет одни из самых больших относительных расходов на НИОКР: 3,5% от ВВП, что в 2012 году составило около 56 млрд долларов США. Ведущую роль в инновационной системе страны играют национальные исследовательские центры — финансируемые государством институты для проведения прикладных исследований, в которых работает 197 тыс. ученых.

Финансирование исследований осуществляется на конкурсной основе. Необходимое условие участия в конкурсе — наличие в команде представителей университета, исследовательского центра и производственной компании. Бюджетные средства предоставляются на паритетной основе с частными в соотношении 3:7 (30% инвестирует государство, 70% — компания), что существенно усложняет небольшим предпринятиям доступ к этим программам. В качестве частного софинансирования могут быть учтены различные неденежные расходы компании (оборудование, площади). Права на созданную при участии государства интеллектуальную собственность распределяются в каждом случае индивидуально. Государство становится правообладателем только в том случае, если проект является национально значимым.

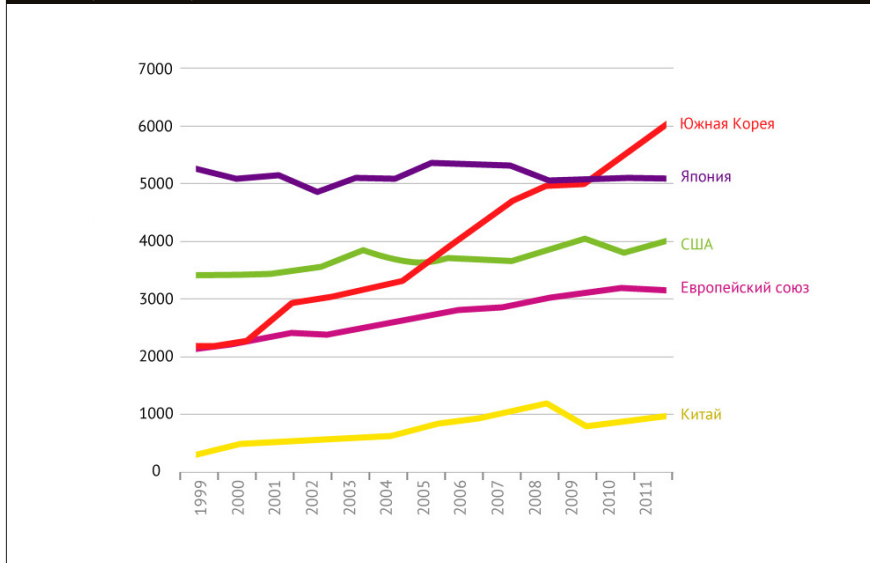
Робототехника входит в число приоритетных направлений развития науки в Корее. Для координации программ различных министерств и с целью формирования единой политики по развитию отрасли в 2005 году впервые было сформировано подразделение робототехники в Министерстве торговли, промышленности и энергетики. Позднее был сформирован отдел по вопросам робототехники в Министерстве экономики знаний.

Доля расходов на НИОКР в ВВП, 1991–2011 годы



Источник: National Science Foundation, Science and Engineering Indicators, 2012. <http://www.nsf.gov/statistics/seind12/pdf/overview.pdf>.

Число научных сотрудников на 1 млн по странам, 1999–2011 годы



Источник: данные Мирового банка.

Кластеры робототехники в Южной Корее

В настоящее время в Южной Корее реализуются два крупных инфраструктурных проекта, связанных с робототехникой: Robot Industry Cluster и Robot Land.

Robot Industry Cluster — это совместный проект Министерства экономики знаний (МКЕ) и KIRIA, реализуемый в Тэгу — четвертом по величине городе Кореи. В качестве площадки выбран технопарк информационных технологий Тэгу. В строительство кластера планируется инвестировать 240 млн долларов США в период с 2012 по 2017 год. Среди ключевых элементов инфраструктуры кластера выделяются:

- ♦ инновационный центр робототехники;
- ♦ экспериментальная промышленная площадка;
- ♦ центр тестирования и сертификации роботов;
- ♦ офисное здание института KIRIA.

Robot Land представляет собой инфраструктурный проект комплексного развития территории площадью 76,7 га на севере города Инчхон в свободной экономической зоне Чхонна. Цель запущенного в 2009 году проекта Robot Land — создание делового и развлекательного центра в области робототехники. В рамках развиваемой территории планируется строительство тематического парка развлечений, выставочного центра, лабораторий и образовательных учреждений, а также специализированных торговых площадей. Запуск проекта стоимостью 613 млн долларов США намечен на 2016 год.

В 2010 году был создан Корейский институт развития робототехники (Korean Institute for Robot Industry Advancement, KIRIA), ответственный за формирование отраслевой политики и развитие рынка. В функции KIRIA входит разработка мер по стимулированию робототехники, подготовка нормативной базы, содействие развитию технологий и подготовка кадров для отрасли.

3.4.4. Перспективы развития

В Корее робототехника входит в число десяти приоритетных направлений развития науки и техники. Правительством Южной Кореи поставлена амбициозная цель — выйти на лидирующие позиции в мире в области робототехники к 2022 году. Для достижения этой глобальной цели KIRIA предполагает решить следующие задачи:

- ♦ довести объем производства роботов в Южной Корее до 25 млрд долларов США;
- ♦ создать 30 тыс. новых рабочих мест в этой отрасли;
- ♦ увеличить экспорт робототехнической продукции на 30%;
- ♦ создать 7 региональных институтов, специализирующихся на робототехнике.

Для достижения этих показателей делается ставка на развитие международной кооперации. План стратегии разбит на три временных промежутка:

- ♦ 2013–2015 годы — установление сотрудничества с ведущими разработчиками и производителями роботов в Европе, США и Японии;
- ♦ 2016–2018 годы — активизация технологического взаимодействия за счет обмена кадрами;
- ♦ 2019–2022 годы — первые результаты: достижение лидерства в глобальной робототехнике, получение ключевых технологий, экспорт продукции и расширение влияния на мировом рынке.

Несмотря на грандиозные планы и явные успехи в области промышленной робототехники, Южной Корее присущи некоторые явные проблемы в развитии этой отрасли. Одной из них является отсутствие культуры риска и технологического творчества. Южная Корея является иерархическим обществом, управляемым жесткой вертикалью власти. Эта специфика создает дополнительные барьеры между изобретателем и потенциальными покупателями. Учитывая важность малых и средних компаний в сегменте сервисной робототехники, можно понять, почему, несмотря на 15 лет усилий правительства, это направление остается на уровне прототипов и редких коммерчески успешных продуктов.

Еще одним барьером на пути развития робототехники в Корее является скептическое отношение общества к роботам. С целью популяризации роботов и интеграции их в общественную жизнь KIRIA организует специальные программы, например зоны присутствия роботов в выставочных залах Национального музея Гванчон или Музея анимации в Чунчон. Кроме того, KIRIA организует международные соревнования по робототехнике (International Robot Contest) с целью популяризации роботов среди молодежи. Так, в 2012 году было проведено 43 мероприятия, общее число участников которых составило 7 тыс. человек.

К сильным сторонам Южной Кореи с точки зрения развития робототехники можно отнести наличие развитой промышленной базы в области электроники, полупроводников и точного машиностроения. Кроме того, государство ставит амбициозные задачи перед национальной промышленностью, помогая решать базовые вопросы на уровне проведения прикладных исследований и подготовки требуемых кадров.

Однако такие существенные минусы, как замкнутость финансово-промышленных групп и аффилированных научных институтов, а также ориентация на копирование зарубежных разработок, подрывают инновационный потенциал отрасли. В результате Южная Корея может добиться существенных успехов, но вряд ли станет лидером рынка робототехники.

Еще одним минусом является сравнительно небольшой масштаб экономики по сравнению с Европейским союзом, США, Китаем и даже Японией. Хотя Корея демонстрирует высокие относительные показатели расходов на науку, в абсолютном выражении они невелики. В результате государство не может в достаточном объеме финансировать национальную фундаментальную науку и вынуждено сосредотачиваться на прикладных технологиях.

3.4.5. Выводы

1. Южная Корея стала одним из крупнейших рынков промышленных роботов благодаря политике импортозамещения и стимулированию роста национальных производителей.

2. Ключевую роль в развитии робототехники в Южной Корее играет государство, формирующее стратегию развития отрасли и финансирующее значительную часть НИОКР. В последние годы произошла смена вектора развития, задаваемого отраслевой политикой государства, от промышленных манипуляторов к «умной» сервисной робототехнике. Корейское правительство намерено реализовать в робототехнике национальные преимущества: развитую базу в области информационных технологий, электроники и полупроводников.

3. Южная Корея ставит перед собой амбициозную цель — стать мировым лидером по производству роботов и прогнозирует наличие роботов в каждом доме к 2022 году.

4. Главные преимущества Южной Кореи — эффективные прикладные НИОКР, высокая концентрация капитала и сильная производственная база в смежных областях. Однако пока они не могут реализоваться в полной мере из-за культурных ограничений. Ввиду отсутствия достаточного числа небольших инновационных компаний ставка делается на заимствования идей у стран Европейского союза, США и Японии. Скорость развития сервисной робототехники в Южной Корее во многом зависит от того, как быстро будет меняться отношение общества к риску.

Глава 4. Обзор российского рынка робототехники



4.1. История развития отечественной робототехники

Успехи робототехники в Советском Союзе были тесно связаны с развитием космической и атомной отраслей, а также военных технологий. Постановка перед учеными сложнейших прикладных задач (таких, как стыковка спутников или осуществление межпланетных экспедиций) требовала создания систем с высокой степенью автономности, что послужило импульсом к становлению советской робототехники и во многом задавало вектор развития этой отрасли в современной России.

4.1.1. Космические управляемые аппараты

Задачи освоения космического пространства сформировали потребность в новых технологиях в сфере дистанционного управления, навигации и автоматизации для создания автономных аппаратов. Первым достижением в этой области стал запуск в 1961 году автоматической межпланетной станции «Венера-1». В 1966 году аппарат «Луна-9» впервые в мире совершил мягкую посадку на поверхности Луны и провел сеанс связи с Землей.

Ярким достижением советских конструкторов стал первый в мире дистанционно управляемый самоходный аппарат — «Луноход-1», запущенный в 1970 году. Разработчиком этого устройства был назначен Машиностроительный завод им. С.А. Лавочкина (ныне НПО им. С.А. Лавочкина). Получающий энергию за счет солнечных батарей «Луноход-1» проработал на поверхности Луны более 10 месяцев. За это время он обследовал площадь в 80 тыс. м² и передал на Землю около 25 тыс. фотографий.

В 1963 году в МВТУ им. Н.Э. Баумана (ныне МГТУ им. Н.Э. Баумана) был создан первый в мире космический манипулятор — для размещения на аппарате типа «Восток». Начиная с 1968 года разработка этих технологий была поручена специализированной организации, созданной при Ленинградском политехническом институте, — Особому конструкторскому бюро технической кибернетики (ОКБ ТК). ОКБ ТК занималось разработкой систем посадки кораблей «Союз», автоматической станции «Луна-16», а также бортового манипулятора для многоцветного корабля «Буран». В 1980-х годах бюро было переименовано в Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК).

В настоящее время космическая робототехника в России переживает не самый лучший период, поскольку существуют более актуальные научные и прикладные задачи в области космонавтики. За последние 20 лет в России были запущены лишь две межпланетные автоматические станции: «Марс-96» и «Фобос-Грунт». Обе потерпели неудачу с интервалом в 15 лет (в 1996 и 2011 годах).

4.1.2. Экстремальная робототехника

Катастрофа на Чернобыльской АЭС в 1986 году привела к необходимости срочно создать специальных роботов для применения в опасных для людей жестких радиационных условиях. В кратчайшие сроки в МВТУ им. Н.Э. Баумана были разработаны мобильные робототехнические комплексы (МРК). Всего за три месяца в 1986 году был создан «Мобот-Ч-ХВ», а после «Мобот-Ч-ХВ2». Они смогли успешно действовать в тех условиях, где импортные модели, такие как японские Komatsu и немецкие MF-2 и MF-3, оказались непригодны для работы. Кроме того, для ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС был разработан роботизированный комплекс «Клин-1» с дистанционно управляемой машиной для утилизации погибшего от радиации леса, а также СТР-1 — для расчистки крыши станции от завалов радиоактивного мусора.

Выполнение работ по дезактивации на ЧАЭС робототехническими средствами позволило снизить уровень радиационного фона на несколько порядков и уберечь от облучения сотни человек. Несмотря на трагичность события, оно дало мощный импульс развитию отечественной робототехники специального применения. В настоящее время ряд российских предприятий, в частности те, которые накопили соответствующий опыт в то время, успешно сотрудничают с государственными структурами, проектируя роботов для проведения работ в агрессивных средах. Так, Специальное конструкторско-технологическое бюро прикладной робототехники (СКТБ прикладной робототехники) МГТУ им. Н.Э. Баумана поставляет роботов-манипуляторов в структуры Росатома, которые используют их для минимизации нахождения сотрудников в опасных условиях. В ЦНИИ РТК также есть целая линейка специальных робототехнических средств для осуществления радиационной разведки.

4.1.3. Промышленная робототехника

Советский Союз добился значительных успехов в области разработки и производства промышленных роботов. Так, справочник 1988 года «Промышленные роботы» описывает более 63 моделей манипуляторов советской разработки (это число не уступает числу японских и американских моделей: соответственно 62 и 36). Однако, в отличие от Японии, США и Западной Европы, в развитии отечественной промышленной робототехники значительную роль играли не экономические, а социальные причины. «Была поставлена цель избавить советских людей от тяжелого ручного труда», — объясняет проректор МГТУ «Станкин» Юрий Подураев. Ряд советских источников особо выделяет именно такую цель наряду с «экономией и высвобождением рабочей силы для решения народнохозяйственных задач». Приоритет социальной, а не экономической составляющей в развитии робототехники, наряду с падением производства, высокой безработицей и низкой стоимостью рабочей силы, мог стать одной из причин того, что отрасль была почти утрачена после распада СССР.

Начало системному развитию отрасли в 1973 году положила программа Государственного комитета по науке и технике СССР, согласно которой должны были быть разработаны и внедрены в производство промышленные роботы. В 1973 году в ОКБ ТК

были созданы и введены в эксплуатацию первые в стране подвижные промышленные роботы МП-1 и «Спрут». В 1974 году постановлением Совета Министров СССР ОКБ ТК было назначено головной организацией по разработке промышленных роботов для машиностроения.

В 1981 году в МВТУ им. Н.Э. Баумана открылся Научно-учебный центр «Робототехника», объединивший усилия ряда московских вузов и институтов Академии наук СССР, в то время занимавшихся вопросами робототехники в отсутствие должной координации. В его состав первоначально, кроме МВТУ, вошли также лаборатории Московского института радиоэлектроники и автоматики (МИРЭА, ныне МГТУ МИРЭА), Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского АН СССР (ныне ИПМех РАН) и Института прикладной математики им. М.В. Келдыша АН СССР (ныне ИПМ РАН). Важным достижением Центра стала разработка самого массового в СССР промышленного робота МП-9С, который начали производить серийно в 1982 году на Волжском автомобильном заводе — крупнейшем потребителе промышленных манипуляторов в СССР. В 1984 году предприятие приобрело лицензию фирмы KUKA на ряд моделей, которые производились вплоть до 2010 года, когда было запущено серийное производство собственных роботов. В 2011 году подразделение, занимавшееся производством промышленных роботов, было выделено из «АвтоВАЗа» в отдельное юридическое лицо — ООО «Волжский машиностроительный завод» (ООО ВМЗ).

Согласно ряду источников, в течение 1975–1980 годов советская промышленность освоила серийный выпуск 40 моделей роботов. К концу 1985 года количество промышленных роботов в стране превысило 40 тыс. единиц, что составляло на тот момент 40% от общемирового их числа и в несколько раз превосходило число роботов, используемых в США.

Однако если проанализировать некоторые источники информации советского периода, станет очевидно, что авторы аккуратно обходят вопрос общего количества роботов, серийно произведенных в СССР, в то же время точно указывая число роботов, изготовленных за рубежом, или ограничиваясь общей фразой «по количеству внедренных промышленных роботов наша страна занимает одно из ведущих мест в мире». Кроме того, при указании марки роботов («Универсал», УМ-1, РПМ-25, ТУР 10К и др.) никогда не называется их производитель, в лучшем случае — разработчик. Общей информации по всему советскому роботостроению (число произведенных роботов конкретных марок, списки производителей) в открытом доступе найти не удалось.

После распада СССР большая часть произведенных промышленных роботов была физически утрачена. Некоторые производители сохранили свою инфраструктуру и компетенции, однако они занимаются штучными госзаказами для специального применения: военного, спасательного, пожарного и радиационного (более подробно см. в разделе «Потенциал робототехники в России», подраздел «Наука»). Исключением является ООО «Волжский машиностроительный завод», в 2012 году занимавшее около половины рынка промышленных роботов в России (более подробно см. кейс «Волжский машиностроительный завод»).

4.1.4. Военная робототехника

Советские конструкторы были пионерами в области военной робототехники. Еще в начале 1930-х годов в СССР были испытаны несколько моделей так называемых телетанков — беспилотных транспортных средств, управляемых дистанционно по радиоканалу. Аппаратура наиболее совершенной из них — ТТ-БТ-7 — позволяла управлять движением, вооружением и самоликвидацией машины. К началу Великой Отечественной войны в Красной армии было по меньшей мере два телетанковых батальона; телетанки к тому времени были опробованы в советско-финской войне 1939–1940 годов.

Одним из значимых достижений СССР в разработке беспилотных летательных аппаратов является создание комплекса «интеллектуальных» крылатых ракет большой дальности «Гранит» в ЦКБМ МОМ (ОАО «ВПК «НПО машиностроения»). Его разработка была начата в 1969 году, а принятие на вооружение состоялось в 1983 году. Ракеты комплекса самостоятельно могут находить, идентифицировать и распределять между собой цели в зависимости от их важности.

Другим достижением стал сверхзвуковой дальний разведывательный беспилотный летательный аппарат ДБР-1 (Ту-123), принятый на вооружение ВВС СССР в 1964 году. ДБР-1 предназначался для осуществления дальней беспилотной радиотехнической и фоторазведки местности и осуществления контроля за результатами использования оружия массового поражения. По производству беспилотных летательных аппаратов СССР занимал лидирующие позиции в 1970–1980 годах, в частности БПЛА модели Ту-143 было выпущено около 950 единиц.

В начале 1990-х годов в связи с системным экономическим кризисом, поразившим отечественное самолетостроение, преимущество в создании беспилотных летательных аппаратов было утрачено. До последнего времени в Российской армии ощущалась нехватка современных БПЛА, в 2009 году их даже приходилось закупать в Израиле; выделенные ранее на разработку 5 млрд рублей были потрачены безрезультатно. Однако впоследствии НИОКР в этом направлении активизировались. Был разработан комплекс «Орлан-10», получивший положительную оценку военного ведомства. «До 2020 года планируется выделить более 400 миллиардов рублей», — заявил в 2012 году Президент РФ В.В. Путин, говоря о финансировании программы по созданию российских БПЛА.

4.2. Современное состояние российского рынка

4.2.1. Промышленная робототехника

Современный российский рынок промышленной робототехники невелик. В 2012 году, по статистике Международной федерации робототехники, в России было продано 307 промышленных роботов. Годом позже картина не сильно изменилась. «В 2013 году всеми производителями продано около 350 роботов», — говорит Алек-

сандр Яшкин, директор по продажам и развитию рынков в России и СНГ представительства корпорации FANUC в России (FANUC Robotics Russia). Для таких гигантов, как FANUC и ABB (продажи каждой из корпорации — десятки тысяч единиц в год), это незначительная величина. «Для сравнения: в Испании в 2013 году было продано две тысячи восемьсот роботов, — говорит Дмитрий Кайнов, руководитель учебного центра «Дискретная автоматизация и движение» ABB в России. — В 2013 году российский рынок промышленной робототехники не показал роста, в то время как мировой рынок промышленных роботов в 2013 году вырос на 12%».

По оценкам самих участников рынка, доля ABB на российском рынке промышленных роботов составляет 15%, доля FANUC — 40%. До последнего времени около 50% рынка занимал Волжский машиностроительный завод, обеспечиваемый заказами «АвтоВАЗом». По информации бывшего директора ВМЗ, а ныне заместителя генерального директора ОАО «РТ-Станкоинструмент» Владимира Серебряного, в 2012 году было выпущено 200 роботов при производственной мощности 500 штук в год, в 2013-м меньше — около 100 штук. Однако оценки рынка и продаж конкурентов расходятся у разных производителей, поэтому оценить доли рынка можно лишь приблизительно.

ООО «Волжский машиностроительный завод» (ВМЗ) — это предприятие, образованное в 2011 году на базе подразделения «Производство технологического оборудования и оснастки» (ПТОО) ОАО «АвтоВАЗ». ПТОО было создано в 2008 году путем объединения мощностей, которые с 1972 года занимались автоматизацией тольяттинского завода.

ВМЗ — это единственный производитель серийных роботов промышленного назначения в России. Небольшие производства, такие как ООО «Робокон» или ООО «Башкирская машинно-испытательная станция», существенной роли на рынке не играют.

Основным потребителем промышленных роботов в России, как и за рубежом, остается автомобильная промышленность: «АвтоВАЗ» является крупнейшим клиентом и для ABB, и для FANUC, и для ВМЗ. Вслед за снижением спроса на новые автомобили в 2013 году сократились и закупки промышленных манипуляторов со стороны автопроизводителей, спрос сместился в сегмент металлообработки. «Наблюдался рост спроса на роботов в отраслях, связанных с производством металла и оборудования, — там, где широко применяются операции сварки, резки, нанесения покрытий», — утверждает Дмитрий Кайнов. Кроме того, хорошие перспективы представитель ABB видит в пищевой промышленности, где последнее время крупные холдинги всерьез занялись роботизацией своих производств: «В пищевой промышленности роботы очень хорошо себя зарекомендовали в высокоскоростной сортировке, укладке и упаковке продукции».

Несмотря на зафиксированные продажи 300 штук в год, оценить, как много роботов ежегодно внедряется в производство на российских предприятиях, непросто: в немалой степени на рынок идут поставки в составе линий, спроектированных за рубежом. «Около половины всех установленных в России роботов были завезены в составе готовых технологических линий, разработанных и смонтированных зарубежными системными интеграторами», — считает Дмитрий Кайнов. Таким образом, верхнюю планку числа устанавливаемых в России промышленных роботов можно ограничить 800 единиц в год.

Более точные показатели получить невозможно, поскольку существует непрозрачный рынок подержанных промышленных манипуляторов. Совокупный объем продаж промышленных роботов в России можно оценить в сумму, не превосходящую 3 млрд рублей в год.

4.2.2. Специальная робототехника

Отдельной нишей на российском рынке робототехники являются специальные, в том числе военные роботы, заказчиком которых является государство. Точная статистика по объему этой ниши отсутствует ввиду закрытого характера информации о разработках.

4.2.3. Гражданская сервисная робототехника

На данный момент рынок гражданской робототехники в России развит слабо, за исключением игрушек и роботов-пылесосов. По оценкам экспертов Агентства стратегических инициатив, рынок персональной робототехники в России должен в 2014 году составить не менее 10 млн долларов США. По прогнозу компании «Нейроботикс», объем отечественного рынка сервисных роботов и их компонентов в 2015–2016 годах составит 30 тыс. штук, или 3 млрд рублей. Из них порядка 4 тыс. будет куплено частными лицами. К 2025 году российский рынок может составить 2% от мирового и вырастет до 1 млрд долларов США.

Сегодня подавляющее большинство сервисных роботов, продающихся в России, — это зарубежные разработки. Тем не менее существует несколько историй успеха российских разработчиков. Так, компания RoboCV начала производить системы автопилотов для складской техники (продано шесть штук на завод Samsung в Калужской области), Wisron начала продавать роботов телеприсутствия (по словам Альберта Ефимова, пока продано менее 10 штук). На рынке заметны НПО «Андроидная техника» (объем продаж не раскрывается, но у компании представлена линейка из четырех антропоморфных роботов) и компания R.bot (в России на 2013 год продано 200 роботов телеприсутствия, объем заказов — 10–12 штук в месяц, компания, кроме того, сдает роботов в аренду). В сегменте беспилотных летательных аппаратов также представлено несколько отечественных производителей, включая компании «Аэрокон», «Иркут», Zala Aero, «Транзас» и «АэроНика». Вполне успешны российские разработчики подводных роботов, среди которых стоит отметить компанию «Подводные технологии». Хороший потенциал экспортных поставок и первые продажи за рубежом есть у российского робота для уборки снега RoboPlow, а также у роботизированного съемочного комплекса Robosam московской компании Movisom.

4.3. Потенциал робототехники в России

4.3.1. Образование и кадры

В настоящий момент основным направлением подготовки, по которому в России обучают разработчиков роботов, является «Мехатроника и робототехника» (утверждено приказом Министерства образования и науки РФ от 12 сентября

2013 года №1061). Поскольку отрасль имеет междисциплинарный характер и образовательные стандарты были введены сравнительно недавно, существует ряд исключений из этого правила. Например, в Институте информационных технологий и телекоммуникаций Северо-Кавказского федерального университета профильных специалистов обучают по программе «Робототехнические системы» (направление «Информационные системы и технологии»), а в Московском энергетическом институте — по программе «Робототехнические системы и комплексы» (направление подготовки «Прикладная механика»).

Анализ информации о приемной кампании в вузах показал, что на программы бакалавриата 15 ведущих (по направлению подготовки «Мехатроника и робототехника») вузов запланировали принять в 2014 году 528 человек.

По оценкам руководителя робототехнического центра «Сколково» Альберта Ефимова, по направлению подготовки «Мехатроника и робототехника» ежегодно выпускается 800–1000 человек и на данный момент отрасль в ее нынешнем состоянии в большем числе специалистов не нуждается. «Если учесть всю автоматизацию, которая есть на заводах ГАЗ, АВТОВАЗ, заводе компании «Форд» во Всеволожске и других, 800–1000 человек хватает, — считает Ефимов, — но для реальной модернизации России и преодоления технологического отставания это количество должно быть в 5–10 раз больше».

По специальности «Мехатроника и робототехника» в Москве подготовку ведут восемь вузов, ведущими из них являются МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГТУ МИРЭА и МГТУ «Станкин». По России таких вузов 52. В то же время число специалистов, выпускаемых даже таким лидером этой отрасли, как МГТУ «Станкин», по словам проректора по учебной работе, заведующего кафедрой робототехники и мехатроники этого вуза Юрия Подураева, не более 50 человек из 800 студентов одного курса. Кроме того, как отмечает Юрий Подураев, под робототехникой зачастую понимается просто автоматизация. «Вузов, которые непосредственно готовят по направлению подготовки “Мехатроника и робототехника”, на самом деле совсем мало. Остальные готовят инженеров по автоматизации производств, рассматривая роботов как элемент систем автоматизации, поэтому зачастую называют профилирующие кафедры кафедрами робототехники», — объясняет проректор МГТУ «Станкин». К тому же в направлении «Мехатроника



НПО «Андроидная техника» создает антропоморфных роботов

НПО «Андроидная техника»

и робототехника» востребована прежде всего первая составляющая. По словам Юрия Подураева, молодые выпускники пользуются большим спросом среди работодателей, но устраиваются в основном как инженеры-мехатроники.

«Большинство выпускников профильных программ разбираются в робототехнике», — считает Дмитрий Кайнов из АВВ. Но, по его словам, промышленность больше нуждается не в разработчиках роботов, а в инженерах, способных спроектировать роботизированную ячейку и грамотно ее интегрировать в систему управления производственной линией. «Специалистов по инжинирингу чрезвычайно мало, стоимость их высока», — подчеркивает он.

АВВ контактирует со многими вузами, формируя заказ на подготовку молодых инженеров. «Здесь нам необходимо содействие со стороны государства — обеспечение возможности совместно с вузами и экспертным сообществом корректировать учебные программы профильных специальностей, чтобы выпускники были востребованы современным рынком труда, а отрасль получила бы так необходимых ей специалистов», — говорит Дмитрий Кайнов.

По словам генерального директора ФГБУ «Российское технологическое агентство» Николая Кутеева, для расширения кадровых возможностей в области робототехники работу с молодежью необходимо начинать со школы. «В период с 12 до 15 лет, когда человек определяется, что ему интересно в жизни, его можно сориентировать на робототехнику, аддитивные производства, 3D-моделирование. Закладывая основы в школе, мы выращиваем не только инженеров, но и будущих потребителей, людей, для которых роботы не абстракция, а вещь, которую они привыкли использовать».

Этот интерес поддерживается и стимулируется новой для России формой дополнительного обучения. В мае 2012 года Министерство экономического развития РФ анонсировало программу создания центров молодежного инновационного творчества (ЦМИТ), взаимодействующих с международной сетью FabLab. Такие центры были созданы в Москве, Самаре, Екатеринбурге, Красноярске, Томске, Санкт-Петербурге и других городах. Основная деятельность ЦМИТ — это обучение школьников технологиям цифрового производства, проектированию программно-аппаратных комплексов, в том числе роботов.

В ряде городов также действуют отдельные от сети ЦМИТ школы робототехники, где детей и подростков обучают ее основам. Такие школы есть в Москве, Рязани, Екатеринбурге, Архангельске, в Алтайском крае и других городах и регионах России.

Кроме того, в нашей стране действует программа поддержки обучения школьников «Робототехника. Инженерно-технические кадры инновационной России». Программа реализуется фондом «Вольное дело» и Федеральным агентством по делам молодежи; она предполагает непрерывное образование детей, подростков и молодежи в возрасте от 7 до 30 лет в сфере высоких технологий. Основное

содержание программы — общероссийская система инженерно-технических соревнований детей и молодежи в сфере высоких технологий, завершающихся Всероссийским робототехническим фестивалем «РобоФест», который одновременно является национальным финалом для международных робототехнических состязаний FIRST, WRO, ABU ROBOCON, ELROB.

Важным явлением в российском сегменте робототехники можно считать большое число Интернет-ресурсов, объединяющих инженеров-любителей. Их потенциал пока оценить трудно, однако именно здесь можно найти значительное число людей, увлекающихся роботами, — самоучек, преподавателей — и, возможно, людей, способных генерировать интересные и смелые технические идеи для бизнеса. Ниже перечислены наиболее активные ресурсы.

Специализированные ресурсы:

- ◆ «Robotforum — промышленные роботы и технологии» (<http://robotforum.ru/>);
- ◆ «Roboforum» (<http://roboforum.ru/>);
- ◆ «Robotday» (<http://forum.robotday.ru>, <http://robotday.ru>);
- ◆ «Мой робот» (<http://myrobot.ru/>);
- ◆ «Центр робототехники Boteon» (<http://boteon.ru>).

Профессиональные сообщества:

- ◆ «Российская ассоциация образовательной робототехники» (<http://raor.ru/>);
- ◆ «Лига роботов» (<http://ligarobotov.ru/>).

Отдельно необходимо отметить первый в России хакспейс Neuron, где все, кто имеет интерес к робототехнике, могут получить за небольшие деньги место для работы, воспользоваться оборудованием и найти единомышленников.

4.3.2. Научные компетенции

Изучение существующих в России центров компетенций в сфере робототехники показывает, что, несмотря на их значительное количество, число прикладных разработок, близких к созданию конкурентоспособных продуктов для массового рынка, сравнительно невелико, как и коммерческая активность коллективов ученых и инженеров. Исключение составляют компании, занимающиеся выпуском сервисных роботов и ориентированные на сегменты B2B и B2C.

Можно условно выделить три группы центров научных компетенций (без учета стартапов).

1. Научные группы в институтах РАН и вузах, занимающиеся преимущественно теоретическими работами, относящимися к робототехнике или востребованными в ней.

Из наиболее сильных можно отметить:

- ♦ Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН);
- ♦ Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

2. Конструкторские бюро, вузы и исследовательские учреждения, нацеленные на разработку и выпуск мелких серий роботов преимущественно специального назначения для государственных заказчиков.

Среди них:

- ♦ Государственный научный центр РФ «ЦНИИ робототехники и технической кибернетики»;
- ♦ МГТУ им. Н.Э. Баумана;
- ♦ Центр разработки робототехнических систем Государственного инженерингового центра МГТУ «Станкин»;
- ♦ МГТУ МИРЭА;
- ♦ Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН (ИАПУ ДВО РАН);
- ♦ Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН;
- ♦ НИЦ робототехники ВНИИПО МЧС России;
- ♦ ОАО «Ижевский радиозавод»;
- ♦ ВНИИ Трансмаш;
- ♦ Главный научно-исследовательский центр робототехники Министерства обороны РФ;
- ♦ ОАО «НИИ стали»;
- ♦ ОАО «Ковровский электромеханический завод»;
- ♦ Научно-исследовательский технологический институт (НИТИ) «Прогресс»;
- ♦ ООО «Специальная строительная техника».

Крупнейшим учреждением такого рода является Государственный научный центр РФ «ЦНИИ робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК) в Санкт-Петербурге, выпускающий мобильных роботов для радиационного контроля, системы управления мягкой посадкой космических станций, а также оборудование для видеонаблюдения и лазерную технику.

За редким исключением научные группы в этих организациях не занимаются коммерциализацией разработок на системной основе. В качестве одного из немногих исключений можно привести Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН с роботом-станком для финишной обработки лопаток авиационных двигателей и интеллектуальной системой управления к нему.

3. Компании, занимающиеся разработкой и выпуском сервисных роботов и ориентированные на сегменты B2B и B2C.

ЗАО «Диаконт» — лидер российского рынка оборудования для дистанционной работы в агрессивных средах (трубопроводы, атомные станции), экспортирующий про-

дукцию в 15 стран мира. С 2005 года он имеет в своей линейке автоматизированный манипулятор для ремонта корпуса реактора типа ВВЭР-1000, миниатюрного сварочного робота (разработан специально для Билибинской АЭС), а также уникальный робототехнический комплекс для ремонта реактора РБМК.

Специализация центров компетенций

Программное обеспечение

Интеллектуальные системы управления: МГТУ МИРЭА, Уфимский государственный авиационный технический университет, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН.

Разработки в области распознавания изображений: Самарский государственный аэрокосмический университет, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова.

Промышленные роботы

Центр разработки робототехнических систем Государственного инженерингового центра МГТУ «Станкин», Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГТУ МИРЭА.

Сервисные роботы специального назначения

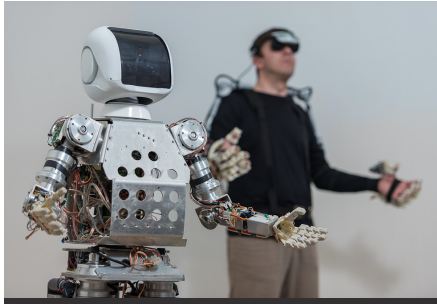
Роботы для агрессивных, водных или воздушных сред и экстремальных нагрузок, военные: МГТУ им. Н.Э. Баумана, Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Технологический институт Южного федерального университета (Таганрог).

Сервисные роботы гражданского назначения

Медицинские: Московский государственный индустриальный университет, Институт конструкторско-технологической информатики РАН.

Роботы, удерживающие равновесие при помощи гироскопа: НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова.

Использующие особые формы передвижения: прыгающие, плавающие, ползающие, червеподобный робот для движения в трубах — Южный федеральный университет, Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН; шагающие — Волгоградский государственный технический университет; роботы-пылесосы — МГТУ МИРЭА.



НПО «Андроидная техника»

Робот НПО «Андроидная техника» повторяет движения человека

АВВУ — компания, являющаяся лидером российского рынка в области распознавания текста. Умение машины распознавать человеческую речь и текстовые сообщения являются важной составляющей развития робототехники.

Компания НПП «Экоинвент» в основном выпускает три разновидности специальных роботов серии МРК для инспектирования взрывных устройств. Участвовала в разработке российского медицинского

робота совместно с СКТБ прикладной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана по заказу Минобрнауки России.

Группа R.bot (ЭРБОТ) — успешно развивающаяся компания в области информационных технологий, в том числе в области сервисной робототехники. Объем продаж группы за 2013 год составил 200 млн рублей, в том числе не менее 8 млн рублей за счет роботов

телеприсутствия, объем продаж которых за 2012–2014 годы составил 200 штук. Производство основных узлов роботов было перенесено в Китай (в России осталась только сборка). Стоимость роботов телеприсутствия этой компании составляет от 40 до 250 тыс. рублей за штуку.

НПО «Андроидная техника» — разработчик преимущественно антропоморфных роботов. В производственной линейке компании семь моделей, в том числе четыре антропоморфных. Объемы продаж не разглашаются, но компания активно занимается новыми разработками и сотрудничает с более чем 10 государственными организациями, специализирующимися в области робототехники.

НПО «Альфа Смарт Системс» разрабатывает антропоморфного робота Alphabot, способного с помощью системы Human Reader распознавать эмоции, выражаемые человеческим лицом. В 2013 году французский научно-популярный журнал “Planète Robots” назвал дизайн Alphabot лучшим в мире среди антропоморфных роботов.

Cubic Robotics разрабатывает и производит домашних диалоговых роботов, которые представляют собой кубик необычного дизайна (его сторона приблизительно 20 см)

СКТБ прикладной робототехники МГТУ имени Н.Э. Баумана

Основным продуктом СКТБ прикладной робототехники являются роботы-манипуляторы на колесном или гусеничном ходу для специального применения. Главный потребитель — Государственная корпорация по атомной энергии (Росатом), которая использует роботов для минимизации нахождения сотрудников в зоне с высоким радиационным фоном.

Применение роботов — это не только забота о людях, но и экономически оправданный шаг в данном случае. Как объясняет главный конструктор, начальник СКТБ прикладной робототехники Александр Батанов, сотрудники Росатома получают надбавки за время, проведенное вблизи реакторной зоны. Широкое использование роботов для проведения операций обслуживания позволяет компании экономить на лишней выплатах, не говоря уже о дорогом лечении сотрудников в случае болезни. Кроме того, один день простоя блока мощностью 1000 МВт на атомной станции обходится в сумму около 750 тыс. долларов США.

Еще одним потребителем продукции СКТБ прикладной робототехники являются структуры МЧС России. Роботы позволяют осуществлять саперные работы, осматривать подозрительные предметы и автомобили, выявлять взрывчатые или ядовитые вещества. При необходимости робот может уничтожить взрывное устройство с помощью гидроразрушителя.

У СКТБ прикладной робототехники есть опыт поставки своей продукции на экспорт. В 2011 году спецслужбы Вьетнама провели испытания и приобрели робота МРК-27ВТ для проведения саперных работ. Как отмечает Александр Батанов, «до этого они без проведения конкурса купили две американские машины, которые проработали три месяца и встали». В результате

конкурса, в котором принимали участие также израильские и немецкие производители, был сделан выбор в пользу российской разработки. Одним из важных факторов стала высокая ремонтпригодность робота. На сегодняшний день он успешно работает во Вьетнаме уже три года.

Коммерческих заказов у СКТБ прикладной робототехники сегодня нет. «Роботы — это дорогое удовольствие», — поясняет Александр Батанов. Тем не менее попытки сделать машины для «гражданского» применения в бюро были. Так, в начале 2000-х годов прорабатывался проект создания полигона роботов для московского парка развлечений. Однако проект строительства парка не был реализован.

Вторым «гражданским» проектом стала разработка медицинского робота-хирурга, используемого при проведении длительных инвазивных операций. В рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки 2007–2013» Министерства образования РФ СКТБ прикладной робототехники в 2012–2014 годах участвовало в работах по проектированию, созданию макетов и проведению доклинических испытаний российского медицинского робота. Головной организацией выступило НПП «Экоинвент». Общий бюджет проекта составил 178 млн рублей, не включая расходов, связанных с проведением доклинических испытаний. В рамках проекта было создано три прототипа хирургического робота. Итогом работ стал аппарат, позволяющий проводить операции на крысах и кроликах.

Важные отличия российской разработки от наиболее распространенного в мире хирургического робота da Vinci — компактные размеры и возможность пользоваться стандартными инструментами хирурга вместо дорогих оригинальных комплектующих, рассчитанных на проведение лишь 10 операций. Сейчас финансирование и работа над хирургическим роботом приостановлены.



Компания Cubic Robotics делает ставку на дизайн

со встроенным искусственным интеллектом. Устройство способно распознавать (через облачный сервис Google) и выполнять голосовые команды владельца, а также поддерживать диалог за счет встроенного синтезатора речи. По информации с сайта компании, уже сделано 2,5 тыс. предзаказов на этот продукт. Несколько прототипов были проданы в начале 2014 года, а в феврале того же года привлечены инвестиции в размере 500 тыс. долларов США на запуск серийного производства от бизнес-ангела.

4.4. Государственная поддержка робототехники в России

В последние годы увеличилась активность государственной поддержки ряда направлений в российской робототехнике.

4.4.1. Робототехника военного назначения

В июле 2013 года на выездном заседании коллегии Минобороны России в Санкт-Петербурге была одобрена рассчитанная до 2025 года концептуальная Программа развития робототехнических комплексов военного назначения. Минобороны России в ближайшие 10–12 лет намерено вместе с представителями оборонно-промышленного комплекса создать серию различных боевых роботов, в том числе и разведывательно-ударных, которые смогут заменить личный состав на поле боя.

В 2013 году в России были организованы два координационных центра военной робототехники. С 1 июня 2013 года при Минобороны России начал действовать Главный научно-исследовательский испытательный центр робототехники, который в феврале 2014 года распоряжением Президента РФ был наделен статусом федерального государственного бюджетного учреждения. Вновь учрежденной организации была поручена задача стать головным исполнителем НИОКР в области робототехники, создавать и развивать лабораторную, испытательную и производственную базу и привлекать на договорной основе соисполнителей для выполнения госзаказа и НИОКР.

Также в 2013 году при Военно-промышленной комиссии (ВПК), возглавляемой заместителем Председателя Правительства РФ Дмитрием Рогозиным, была создана межведомственная рабочая группа «Лаборатория робототехники», которая выполняет роль центра компетенции и интеграционной площадки между заказчиками, наукой и промышленностью. Как сообщил в мае 2014 года заместитель председателя ВПК Олег Бочкарев, «лаборатория уже функционирует».

4.4.2. Промышленная и сервисная робототехника

В последние два-три года тема робототехники гражданского применения стала рассматриваться как принципиально важная для дальнейшего развития отечественной промышленности, науки и технологий. Ряд принципиальных мер поддержки был объявлен в 2014 году.

В июле 2014 года Председатель Правительства РФ Д.А. Медведев на форуме «Иннопром-2014» подчеркнул необходимость «поддержать те направления, которые способны кардинально повысить эффективность всех этапов производства — от дизайна изделия и его проектирования до промышленного производства».

НИИ научно-учебного комплекса специального машиностроения (НИИ СМ) МГТУ имени Н.Э. Баумана

НИИ СМ выпускает мелкие серии колесных и гусеничных роботов-манипуляторов для специального применения: разминирования, тактической разведки, работы в условиях радиационного заражения, а также военных роботов, обладающих боевой мощностью и управляемых оператором дистанционно с расстояния до 1,5 км. Основными покупателями выступают профильные структуры исполнительной власти России: Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ, Министерство обороны РФ, Федеральная служба безопасности РФ, Министерство внутренних дел РФ, а также Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Частные заказчики у НИИ СМ отсутствуют. Основная часть выручки приходится на опытно-конструкторские работы, выручка от поставки готовой продукции составляет лишь 10%. Производство размещается на заводах российского оборонно-промышленного комплекса. В год производится 15–20 роботов. Около 10 моделей стали серийными и были выпущены в количестве 20–50 штук. Еще одним направлением бизнеса является программное обеспечение, включая динамические 3D-модели роботов для отработки операторами навыков управления.

НИИ СМ лишь однажды сделал попытку выйти на «гражданский» рынок, разработав устройство для дефектоскопии сварных соединений в трубопроводах. Однако дальше прототипа дело не продвинулось: по словам Владимира Кудряшова, начальника отдела специальных мехатронных и робототехнических систем в НИИ СМ, рыночная ниша уже насыщена российскими компаниями, которые специализируются на внутритрубной диагностике, включая таких производителей, как АМТ, «Газприборавтоматика», «Оргэнергогаз», «Спецнефтегаз». Кроме того, помимо сложности выполнения, высоких требований к взрывобезопасности подобного оборудования и скорости работы, достаточно тяжело самостоятельно выйти на потенциальных заказчиков из нефтегазовой сферы. НИИ СМ испытывает проблемы с продвижением продукции, практически не участвуя в выставках, поскольку справедливо полагает, что возможности их продуктов хорошо известны всем потенциальным заказчикам.

НИИ СМ ориентирован только на рынок Таможенного союза. «На внешние рынки экспортировать нашу продукцию пока не получается: нужно обеспечивать сервис и комплектующие за границей, — объясняет Владимир Кудряшов. — На рынке Таможенного союза НИИ СМ конкурентоспособен за счет двух факторов: иностранную спецтехнику в ТС не продают и наша продукция вполне конкурентоспособна как по цене, так и по тактико-техническим характеристикам».

и соответственно послепродажного обслуживания. Речь идет о налаживании в России производства высокоточного технологического оборудования — это и станки с программным управлением, и промышленные роботы, и 3D-принтеры».

В связи с возрастанием важности именно промышленной робототехники ведомством, уделяющим этой теме особое внимание, стало Министерство промышленности и торговли РФ. В мае 2014 года Департамент металлургии, станкостроения и тяжелого машиностроения Минпромторга России был назначен ответственным

«Компьютерная робототехника»

Повышение точности роботов-манипуляторов

Многие производители промышленных роботов-манипуляторов, например Comau, KUKA, Epson, признают необходимость «обучения» роботов сложным манипуляциям, требующим высокой точности. Возможные примеры таких операций — вставка металлической детали в отверстие или закручивание крышки пластмассовой бутылки. Производители роботов сами пытаются решить этот вопрос, но, судя по отзывам пользователей, решения не оптимальны, считает научный консультант компании «Компьютерная робототехника» Леонид Фрейдович.

«Компьютерная робототехника» специализируется на разработке универсального ПО, с которым промышленные роботы любого производителя могли бы совершать значительно более сложные и точные операции, чем сейчас. В англоязычной литературе это направление называется “robot force control”.

Команда работает над проектом с 2005 года. Создаваемое ею программное обеспечение позволит модернизировать и перенастраивать уже используемых на предприятиях роботов, качественно повышая их функционал и придавая им способность выполнять новые операции. В этом случае производители получают возможность повышать качество или перепрофилировать производство без значительных вложений в новое оборудование. «Всегда можно разработать новый промышленный манипулятор. Такая задача понятна, но не всегда ясно, сколько на это потребуется денег. Есть другой подход: в мире существует полтора миллиона уже работающих промышленных роботов. Гораздо проще немного их доработать, чтобы они смогли выполнять манипуляции, на которые раньше не были способны», — поясняет генеральный директор компании Роман Усатов-Ширияев.

По словам Леонида Фрейдовича, готовые решения и технологии, аналогичные тем, что разрабатывает «Компьютерная робототехника», на рынке пока найти трудно. В настоящее время «Компьютерная робототехника» вкладывает в развитие проекта собственные средства. За последний год командой был подготовлен и представлен мехатронный комплекс, демонстрирующий работу последнего звена руки робота с объектом манипулирования при неударивающей связи, завершается первый эксперимент по обработке материалов и проходят сравнительные тесты разработанного и базового программного обеспечения.

за всю деятельность, связанную в министерстве с поддержкой робототехники. В интервью «Российской газете» в июле 2014 года руководитель департамента Алексей Михеев определил приоритетные направления развития робототехники в России: добыча полезных ископаемых в труднодоступных местах, складская робототехника, нужды Минобороны России, МЧС России, автоматизация станко- и машиностроения. Он также озвучил предполагаемые меры поддержки: прежде всего это подготовка кадров. Министерство, по словам Михеева, также собирается поддерживать создание «центров технологического превосходства»: они должны выглядеть как «распределенная сеть, которая связывает большое количество игроков и за счет их координации открывает доступ еще и новым компаниям. Такое... предоставление инфраструктуры в общее пользование». В качестве примера Михеев привел похожие центры развития инжиниринга и промышленного дизайна, которые формируются на базе российских вузов. Предполагается и финансовая поддержка: компенсации затрат на инжиниринг и кооперацию, а в некоторых случаях и затрат по кредитам, лизинг робототехнических комплексов с государственной поддержкой. Еще одно направление поддержки — субсидирование регионов для поддержки малых и средних компаний: «...это порядка двадцати миллиардов рублей, которые могут пойти на те же самые центры коллективного пользования и трансфера технологий, на НИОКР, на коммерциализацию технологий и патентование».

Ранее, в марте 2014 года, также по инициативе Минпромторга России был создан стратегический Совет по инвестициям в новые индустрии, нацеленный на развитие современных секторов экономики. «Это касается рынков перспективных материалов, робототехники, биотехнологий, лазерных технологий», — рассказал Николай Кутеев, глава Российского технологического агентства, созданного при Министерстве промышленности и торговли РФ. По словам министра промышленности и торговли РФ Дениса Мантурова, среди задач Совета — подготовка предложений для федеральных органов власти, направленных на повышение инвестиционной привлекательности новых отраслей промышленности, инициирование новых законов, преодолевающих существующие проблемы и барьеры развития новых кластеров промышленности.

Таким образом, есть явные признаки того, что государство начинает осознавать необходимость ускоренного развития робототехники в России. По утверждению заместителя министра промышленности и торговли РФ Глеба Никитина, высказанному в интервью журналу «Эксперт» в июне 2014 года, «мир включился в новую гонку под названием “индустриальная революция 4.0”, главными технологическими драйверами которой становятся цифровые и аддитивные технологии, а также робототехника, которые проникают в традиционные отрасли и радикально меняют их облик». Он считает, что основой этого нового технологического уклада станет цифровое производство, когда цифровые технологии проникают в проектирование и производство: «Это роботизация, “безлюдные” технологии, основанные на цифровых технологиях, и Rapid Prototyping, то есть аддитивные технологии». По его словам, в настоящее время уже подготовлена одна подпрограмма для включения ее в госпрограмму «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», еще две находятся в разработке.

4.4.3. Меры по обеспечению подготовки кадров

Указом Президента РФ от 7 мая 2012 года № 594 утверждена Президентская программа повышения квалификации инженерных кадров на 2012–2014 годы. Она предусматривает при подготовке «высокопрофессиональных инженерных кадров» учитывать «не только текущие, но и перспективные запросы промышленного сектора, требующие подготовки специалистов одновременно в области электронной компонентной базы, новых материалов, робототехники, информационных технологий, проектирования технических систем и обеспечения жизненного цикла изделия».

4.4.4. Деятельность институтов развития

В последние годы помимо федеральных органов исполнительной власти большое значение при формировании и реализации государственной политики в области инноваций и технологического прогресса приобрели институты развития, такие как РВК, Фонд «Сколково», РОСНАНО и др. Они не только выделяют средства на финансирование конкретных технологических компаний, но и занимаются поддержкой разнообразной инфраструктуры инновационной деятельности, а также организуют различные виды активности (выставки, форумы, конкурсы) в этом направлении. В некоторых случаях такая деятельность институтов развития имеет отношение и к поддержке робототехники.

Усилиями государства в России созданы практически все виды объектов инфраструктуры для поддержки развития технологических компаний, начиная от центров трансфера технологий при университетах и заканчивая индустриальными парками и особыми экономическими зонами. Однако специализированная инфраструктура для проектов в области систем автоматизации, в том числе робототехники, только начинает появляться в ответ на запрос рынка.

4.4.5. Поддержка проектов ранних стадий

В России действует несколько десятков инкубаторов для технологических компаний. Они предоставляют оборудованные офисные помещения в аренду, зачастую на льготных условиях. За счет концентрации инновационных проектов подобные площадки привлекают менторов, инвесторов и консультантов профильных областей, что важно для участников. Несмотря на то что многие разработчики роботов на ранних этапах развития являются резидентами инкубаторов, пока не хватает специализированной инфраструктуры, создающей условия для развития подобных проектов. Пожалуй, единственным исключением из этого правила является казанский инкубатор Navigator Campus, хотя в последнее время в этом же направлении начали активно развиваться нанотехнологические центры.

Не лучшим образом обстоит дело с акселерационными программами. Существующие акселераторы направлены в основном на развитие компаний в сфере информационных технологий. Развитие центров прототипирования и инжиниринговых компаний могло бы

существенно ускорить разработку новых продуктов, однако рынок подобных услуг слишком узок, чтобы развиваться без помощи государства. Среди наиболее удачных примеров в этой области стоит отметить Академпарк в Новосибирске, в котором удалось выстроить систему частных компаний, готовых выполнять заказы на производство единичных экземпляров продукта.

«Создание hardware-акселераторов является необходимым условием возникновения проектов в сфере робототехники, из которых впоследствии будут развиваться «национальные чемпионы». Даже на более поздних этапах профессиональные инвесторы отбирают успешные проекты с вероятностью 30–50%. На посевной стадии очень сложно оценить потенциал команды и продукта. Поэтому необходимо развивать программы, позволяющие инициировать сотни проектов, из которых 10 с помощью «ручного управления» вырастут

Wicron

Робот телеприсутствия

Робот телеприсутствия — это решение, использующее набор технологий, которые позволяют взаимодействовать с людьми или объектами, давая возможность участнику встречи самостоятельно менять точку обзора удаленной камеры. Оператор получает возможность посетить некое событие и стать его участником. Еще один вариант использования «телеробота» — удаленная работа: чтение лекций, проведение консультаций людьми с ограниченными возможностями.

В России одним из разработчиков подобной техники является компания «Викрон», резидент Фонда «Сколково». Команда проекта состоит из выпускников МГТУ им. Н.Э. Баумана, начавших работу в 2010 году. Первый опыт в сфере роботостроения ими был приобретен на Eurobot — международных соревнованиях роботов, созданных студентами и школьниками. Два года спустя они занялись своими первыми коммерческими проектами — театром роботов и роботом для проверки вентиляции. Еще годом позже команда встретила стратегического инвестора в лице ЗАО «Ашманов и партнеры». Интересы разработчиков и инвестора совпали: и тем и другим был интересен робот телеприсутствия, и у тех и у других были свои наработки. Итогом стал серийный робот телеприсутствия Webot.

Разработчики изначально закладывали в конструкцию максимальную простоту и легкость управления роботом, и это является их конкурентным преимуществом: доступ к управлению устройством осуществляется через интернет-браузер. От конкурентов Webot отличают длительное время автономной работы (до 12 часов) и более низкая стоимость. Компания организовала его мелкосерийное производство и в настоящее время разрабатывает вторую версию повышенной автономности.



Робот телеприсутствия Webot компании «Викрон» отличается простотой в управлении и низкой стоимостью

в международные компании. Наш опыт показывает, что без подобной “песочницы”, в которой методом проб и ошибок делают первые шаги команды разработчиков, понять, кому стоит помогать, практически невозможно. А учитывая специфику создания новых устройств, такая площадка должна располагать оборудованием для прототипирования и налаженными контактами с производителями. Крайне важна роль менторов, имеющих опыт развития подобных проектов от идеи до экспортных поставок», — говорит генеральный директор Научного парка МГУ им. М.В. Ломоносова Олег Мовсесян.

xTurion

Робот-охранник

Компания «Икстурион» занимается разработкой мобильного сервисного робота с развитой системой навигации для комплексного мониторинга квартир, загородных домов и офисных помещений. Робота планируется оснастить камерами, датчиками температуры, дыма и протечек воды. При разработке был сделан акцент на интеллектуальность и автономность робота.

Система навигации xTurion позволяет составить карту помещения, спланировать траекторию движения и сценарии работы с передачей с защищенной передачей данных и выполнением команд через Интернет. Робот сможет круглосуточно объезжать помещения по заданным маршрутам и расписанию, автоматически заряжая батареи и высывая тревожные оповещения в случае необходимости. Функциональных качеств робота достаточно для замены стационарных систем безопасности, требующих участия людей-операторов, обладающих при этом избыточной аппаратной частью и характеризующихся значительным числом ложных срабатываний. Для мониторинга больших площадей существует возможность развернуть систему с согласованным управлением несколькими мобильными единицами. По словам директора по развитию xTurion Ильи Григорьева, если приходит сигнал, то можно своими глазами увидеть ситуацию. «Вы можете реагировать на происшествие, имея конкретную информацию и, главное, будучи уверенным, что это не ложная тревога», — объясняет он.

Компанию «Икстурион» создали выпускники Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (ИТМО) в 2012 году, получив посевные инвестиции от частного фонда RSV Venture Partners. В апреле 2013 года компания

стала резидентом ИТ-кластера Фонда «Сколково», а в ноябре получила грант этого фонда в размере 5 млн рублей.

В настоящее время компания готовит к выпуску пилотную партию своих роботов. Уже собрано более 50 предзаказов от частных клиентов и ведутся переговоры с партнерами в B2B сегменте. Начало продаж планируется во втором квартале 2015 года с выходом на окупаемость при обороте 30 млн рублей в 2018 году.



Устройство компании «Икстурион» перемещается по помещениям, анализирует состояние пространства, сообщает о нарушениях

4.4.6. Источники финансирования

Несмотря на то что для разработчиков роботов основным источником финансирования остаются государственные гранты (по линии Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства образования и науки РФ, а также Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и Фонда «Сколково»), активность венчурных инвесторов также становится заметной. Если раньше основной проблемой был поиск финансирования от 3 до 30 млн рублей на посевной и стартап-стадии, то развитие инструментов частно-государственного партнерства (предоставление частным инвесторам «плеча» от институтов развития, включая фонды РВК, Фонд «Сколково», региональные посевные фонды и др.) сделало финансирование более доступным для разработчиков. Среди фондов, которые финансируют разработки новых устройств, в том числе роботов, можно отметить Grishin Robotics, Pulsar Venture Capital, LETA Capital, DP Technologies, Amalthea Capital Partners и др. Все большую активность в финансировании проектов начинают играть нанотехнологические центры, которые не только инвестируют до 5 млн рублей на первом раунде, но и предоставляют доступ к производственному оборудованию, привлекают студии промышленного дизайна и оказывают поддержку в дальнейшем развитии компаний. Ниже перечислим наиболее значимые инициативы институтов развития Российской Федерации для разработчиков роботов.

Российская венчурная компания

В 2014 году Российская венчурная компания инициировала проект создания инжиниринговой компании в области систем автоматизации и робототехники, а также открытие новой акселерационной программы Industrial для технологических предпринимателей в рамках федерального конкурса-акселератора GenerationS. Одним из приоритетных направлений данной программы является тема «Встраиваемые системы, робототехника, электроника и микроэлектроника». За три месяца заявки на участие подали 508 проектов из 45 регионов РФ. Сорок лучших индустриальных проектов приняли участие в двухнедельной акселерационной программе. Со стартапами работали успешные серийные предприниматели, руководители и специалисты венчурных фондов и бизнес-ангелы, отраслевые и бизнес-эксперты, лидеры отрасли, представители крупных российских корпораций. В финале конкурса в октябре победителем стал проект из Перми Promobot — многофункциональный интеллектуальный робот для работы с клиентами. Главные задачи Promobot — привлечение новых покупателей, презентация товаров и продуктовый консалтинг, а также сбор и анализ информации о клиентах.

РОСНАНО

В 2012 году компанией «Т-Платформы» и Фондом инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО был создан нанотехнологический центр Т-НАНО. Общий бюджет проекта составляет 2 млрд рублей, включая софинансирование

Фонда инфраструктурных и образовательных программ в размере 1,2 млрд рублей. Основная задача наноцентра — развитие стартапов в области микроэлектроники и аппаратных устройств, робототехники и искусственного интеллекта, систем хранения и передачи данных.

Центром, в частности, поддерживаются такие компании в области робототехники, как «Сибо Роботикс» и «Тойтемик Инвеншенс». «Сибо Роботикс» разрабатывает многофункциональную систему управления, обеспечивающую автономное передвижение мобильных роботов внутри помещений. Выручка проекта в 2013 году превысила 3 млн рублей. Компания «Тойтемик Инвеншенс» занимается разработкой роботизированных игрушек для детей. Объем средств, инвестированных Т-НАНО в новую компанию, партнеры не разглашают. В «Тойтемик Инвеншенс» поясняют, что «сумма заметно больше 100 тыс. долларов, но существенно меньше 1 млн долларов».

Волжский машиностроительный завод

ООО «Волжский машиностроительный завод» (ВМЗ) является крупнейшим российским предприятием, которое разрабатывает и серийно производит робототехническую продукцию для промышленного применения. Она применяется для различных видов сварки, нанесения клеев и герметиков, складирования и транспортировки грузов, лазерной и плазменной резки. Роботы могут быть объединены в автоматические линии контактной сварки. Например, автомобиль Chevrolet Niva изготавливается с помощью такого комплекса, созданного совместно с компанией KUKA. Помимо разработки промышленных манипуляторов ВМЗ самостоятельно реализует проекты внедрения своей продукции у заказчиков.

История ВМЗ началась в 1972 году с постройки завода генераторов и стартеров. К современному профилю предприятие (тогда еще ПТОО «АвтоВАЗа» — предприятие по производству технологического оборудования и оснастки) подошло в 1979 году, начав осваивать автоматические манипуляторы. В 1984 году был запущен серийный выпуск промышленного робота ПР 601/60 по лицензии компании KUKA, также велась дальнейшая разработка оборудования для производства автомобилей ВАЗ. С 1989 по 1997 год был создан комплекс роботизированного оборудования на «АвтоВАЗе» для производства автомобилей «десятого семейства», включавший в себя автоматические линии, а также станки и манипуляторы для сварки и сборки. В 2000-х была выполнена работа по подготовке производства автомобилей Lada Kalina и Lada Priora. В 2008 году ВМЗ подтвердил соответствие системы менеджмента качества международному стандарту ИСО 9001:2000 в части подготовки производства и изготовления деталей и узлов автомобилей. В 2008 году ПТОО совместно со МГТУ «Станкин» выиграло конкурс Минпромторга России на создание российских промышленных роботов. В 2010-м была закончена разработка линейки роботов и запущено ее серийное производство. Изначально были разработаны манипуляторы грузоподъемностью от 15 до 350 кг. Позже номенклатура моделей была ограничена одним 150-килограммовым роботом.

В 2011 году ПТОО выделилось в отдельное юридическое лицо ООО ВМЗ — дочернее общество ОАО «АвтоВАЗ». В настоящее время предприятием проводится замена устаревшего оборудования

Фонд «Сколково»

Робототехника относится к числу приоритетных направлений поддержки Фонда «Сколково», в основном в рамках кластеров «ИТ» и «Космос». В феврале 2013 года была проведена конференция Skolkovo Robotics. В мае того же года при поддержке Министерства обороны Российской Федерации и Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации Фондом «Сколково» был организован конкурс проектов «Робототехника и автономные транспортные системы» (Russian Robotics Challenge). Победителем этого соревнования стала компания «Икстурион».

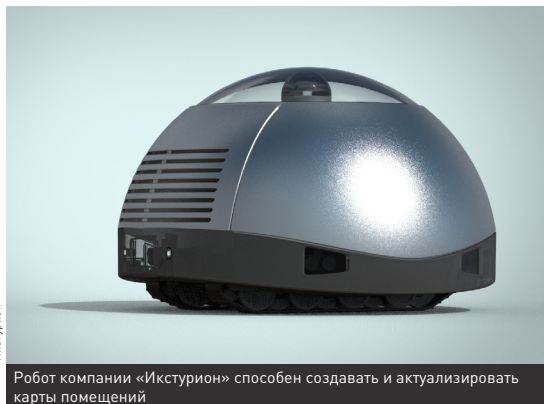
В декабре 2013 года при Фонде «Сколково» был создан Клуб робототехники, участники которого стали более 20 компаний-резидентов, занимающихся разработкой роботов и смежных технологий. Клуб стал площадкой для диалога малых технологических

на «АвтоВАЗе» и ведется подготовка к выпуску новой модели Datsun. В результате модернизации будет создан универсальный комплекс, рассчитанный на производство кузовных деталей трех семейств автомобилей: Lada Kalina, Lada Granta и Datsun. Сегодня на предприятии работает около 3,2 тыс. человек, а площадь производственных помещений составляет 109 тыс. м².

В настоящее время ООО ВМЗ имеет производственные мощности для сборки 500 роботов в год, при этом выпуск в 2012 году составил около 200, что соответствует примерно половине российского рынка промышленных роботов.

По словам первого заместителя генерального директора ОАО «РТ-Станкоинструмент» (генерального директора ПТОО и ВМЗ в 2006–2012 годах) Владимира Серебряного, качество и технические характеристики продукции ВМЗ не уступают иностранным образцам. Преимуществом также является сравнительно низкая стоимость проектов по созданию и настройке роботизированных производственных линий и комплексов. Во многом она обусловлена относительно невысокой стоимостью инженеринговых работ и более дешевой, чем у западных компаний, рабочей силой при достаточном уровне ее квалификации. «Мы поставляем не просто робота, а робота “в упаковке”. И это наше огромное преимущество. Когда мы говорим, что наш робот очень близок по стоимости к зарубежным аналогам, это так. Но в стоимости проекта роботизации мы уже имеем огромные рыночные преимущества по сравнению с зарубежными поставщиками», — говорит Владимир Серебряный.

В 2011 году было принято решение о том, что «АвтоВАЗ» передает ВМЗ ГК «Ростехнологии». Но этот процесс так и не завершился, потому что с приходом Renault изменились условия договора. «АвтоВАЗ» перестал признавать обещанные ранее гарантированные объемы закупок, после чего было принято решение о том, что «АвтоВАЗ» будет «забирать» ВМЗ обратно. Владимир Серебряный признает, что итогом может стать закрытие производства роботов на ВМЗ. Сделать его высокорентабельным бизнесом нельзя по причине крайне неблагоприятных условий для производства в России и закрытости внешних рынков. На вопрос, почему же производство сохранялось до настоящего времени, Владимир Серебряный дает ответ идеалиста: «Основная причина — это энтузиазм и вера в то, что оно действительно востребовано».



Робот компании «Икстурион» способен создавать и актуализировать карты помещений

компаний с представителями органов власти (МЧС, Минпромторга России, Минкомсвязи России) и экспертами отрасли.

Логическим продолжением работы в этом направлении стало создание в августе 2014 года Робототехнического центра Сколково. Центр является площадкой, объединяющей разработчиков роботов, включая различные автономные транспортные средства. Помимо

коммуникации между участниками, Робоцентр Сколково занимается развитием инфраструктуры в интересах отрасли, включая испытательные полигоны, лаборатории, образовательные и акселерационные программы, а также центры коллективного пользования. Участниками центра являются такие проекты, как «Викрон», VIST Mining Technology, «Экзороботикс», «Икстурион», «Аэроб», «Подводная робототехника» и еще более 25 компаний. Организаторы ожидают удвоения числа участников в 2015–2016 годы.

Российский научный фонд

Ряд исследовательских проектов в области робототехники финансируется Российским научным фондом (РНФ). Так, в рамках программы «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» поддержано пять проектов, отнесенных к классу «Механика машин и роботов» (выполняются в 2014–2016 годах).

Министерство образования и науки

Значительное число работ по робототехнике, либо связанных с данной тематикой, выполнялось и выполняется в рамках федеральных целевых программ, координируемых Минобрнауки России. Среди этих проектов как небольшие и сравнительно недорогие научно-исследовательские работы, так и достаточно масштабные комплексные проекты, направленные на разработку и коммерциализацию технологий и разработок. Общий объем бюджетного финансирования, выделенного Минобрнауки России по федеральным целевым программам (ФЦП) на проекты, связанные с робототехникой, с 2007 по 2014 год, составляет 1,2 млрд рублей, в том числе:

- ♦ ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» — 55 млн рублей;
- ♦ ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» — 20,43 млн рублей;

- ♦ ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» — 1,065 млрд рублей.

Министерство промышленности и торговли

Минпромторгом России в рамках ФЦП и госпрограмм проводился и проводится ряд мероприятий, тематически связанных с развитием робототехники. С 2010 по 2014 год Минпромторг России профинансировал в рамках различных государственных программ и федеральных целевых программ 11 проектов по робототехнике на сумму 1,48 млрд рублей.

Из последних инициатив министерства можно отметить заключение в марте 2014 года контракта, направленного на создание специальной подпрограммы

«Тойтемик Инвеншенс»

Роботы-игрушки

В последние 20 лет компьютерные игры начали вытеснять традиционные игрушки. В российской компании «Тойтемик Инвеншенс» считают, что игры необходимо перенести обратно с экрана в мир осязаемых вещей. С этой целью компания создает программно-аппаратную платформу для поддержки скоординированного движения и согласованных действий разнородных подвижных устройств. На базе разработки уже запланировано создание ряда игрушек, например конструктора, состоящего из набора полуавтономных устройств-блоков (колесное шасси, гусеничная и шагающая платформы, манипуляторы, подъемники, захваты, блок управления) с возможностью стыковки блоков между собой и обмена данными между ними.

Компания «Тойтемик Инвеншенс» была образована в 2011 году. В 2012 году она стала резидентом ИТ-кластера Фонда «Сколково». Основатели уже имели опыт работы в высокотехнологичном бизнесе, преимущественно в сфере радиоэлектроники и компьютерных игр. Главным конкурентным преимуществом компании является низкая себестоимость продуктов: аналогичные профессиональные сервисные роботы могут стоить на два порядка дороже. Основатели оценивают нишу игрушечных роботов в 2 млрд долларов США. Финансирование проекта ведется разработчиками из собственных средств. К настоящему моменту созданы промышленные образцы изделий, готовится вывод на рынок серийной продукции.



Игровая система компании «Тойтемик Инвеншенс»

по развитию робототехники в стране, а также НИР «Разработка перспективных инструментов развития отрасли робототехники» и предложения по формированию проекта подпрограммы развития робототехники государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», финансируемые из бюджета в объеме 8 млн рублей, которые выполняются специализированной организацией — ФБУ «Федеральный центр содействия промышленному развитию».

Инструменты развития среды

За рубежом важную роль в развитии индустриальных проектов, включая робототехнические, на раннем этапе играют инжиниринговые компании.

В настоящее время в России практически отсутствует экосистема инжиниринговых компаний и промышленных дизайнеров. Примерами исключений являются DP Technologies и Smirnov Design. С целью преодоления этой ситуации в Министерстве промышленности и торговли РФ реализуется программа по развитию инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна. Однако пока условия для развития проектов в сфере робототехники значительно отстают не только от США и Западной Европы, но и от наиболее промышленно развитых регионов Китая.

Поскольку без соответствующей кадровой базы развитие робототехники, как и высокотехнологичных направлений, невозможно, то в долгосрочной перспективе важную роль играет значительное увеличение числа квалифицированных и мотивированных инженеров в России. Как уже говорилось выше, с целью популяризации инженерной и естественнонаучной деятельности среди молодежи в 2012 году была принята программа Министерства экономического развития РФ о создании сети центров молодежного инновационного творчества. Несмотря на объективные сложности с поиском устойчивых бизнес-моделей, позволяющих развиваться подобным образовательным учреждениям, их создание уже оказало положительный эффект через обучение школьников началам инженерной науки. Кроме ЦМИТ определенную роль в популяризации робототехники среди молодежи в России играют различные соревнования роботов.

4.5. Барьеры для развития робототехники в России

4.5.1. Промышленные роботы

Промышленная робототехника сталкивается с наиболее серьезными барьерами в своем развитии. Ключевой проблемой для этого сегмента является ограниченность внутреннего рынка. В 2013 году он составил 0,17% от мирового рынка. При таком объеме продаж создание конкурентоспособных производств с опорой на внутренний рынок представляется крайне маловероятным.

Причиной слабого спроса на автоматизацию производств в России является дешевая по сравнению с развитыми странами рабочая сила. «Если есть возможность

Гиперколобок

Робот-друг

Гиперколобок — это разрабатываемая компанией «МИРП — Интеллектуальные системы» обучаемая электронная игрушка, способная менять свое поведение в зависимости от происходящих вокруг нее событий. Главные отличия продукта от конкурентов — возможность работать без подключения к Интернету, встроенная система распознавания голосовых команд, возможность передвижения и умение имитировать эмоции. При создании Гиперколобка были использованы технологии искусственного интеллекта, алгоритмов поведения, распознавания визуальных образов. Робот «узнаёт» лицо хозяина, запоминает все его реакции, адаптируется под него и «грустит», когда тот не обращает на него внимания. Разработчики позиционируют игрушку как робота-друга. «Развивающий и этический контент для детей — большой элемент нашего проекта. Между просто гаджетом и развивающим гаджетом покупатель всегда выберет развивающий для своего ребенка», — говорит директор по развитию бизнеса ООО «ПАВЛИН технологии» Любовь Орлова.

Первый прототип робота был создан в 2008 году. Тогда же из компании «ПАВЛИН Технологии» выделился проект по созданию интеллектуального робота-игрушки и создано ООО «МИРП — Интеллектуальные системы». Команда проекта состоит из выпускников МФТИ, РЭА им. Г.В. Плеханова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ «Станкин».

Разработка была поддержана Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и дважды получала финансирование по программе «Старт» (750 тыс. рублей в 2008 году и 1,5 млн рублей — в 2009-м). В 2011-м компания заключила контракт на НИОКР с Минобрнауки России на сумму 7,5 млн рублей. Гиперколобок также выиграл конкурс Microsoft Business Start.

К настоящему времени проведены испытания основных элементов робота (сенсоров, систем распознавания речи и лица пользователя), созданы работающие образцы, а также продолжается доработка искусственного интеллекта. Компания планирует вывести продукт на российский рынок через 1,5-2 года.



Гиперколобок — это электронная игрушка, способная обучаться и менять поведение в зависимости от происходящих вокруг нее событий

«МИРП — Интеллектуальные системы»

Сквозь радиацию и стальные трубы

Компания «Диаконт» — нетипичный пример для российской робототехники. Она сумела не просто создать конкурентоспособные разработки, но и занять заметные доли на отечественном и мировом рынках.

«Диаконт» производит робототехнические комплексы для внутритрубной диагностики, контроля и ремонта реакторов АЭС, диагностическое оборудование, автоматизированное технологическое оборудование для перегрузки ядерного топлива и ремонта реакторов, прецизионные электромеханические приводы.

Продукция «Диаконта» эксплуатируется в 21 стране мира. Ее заказчиками являются крупнейшие мировые энергетические концерны, включая ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «Газпром», ГП НАЭК «Энергоатом» (Украина), Westinghouse (США), General Electric (США), Areva ANP (Франция), EDF (Франция), China National Nuclear Corporation (Китай), Taiwan Power Company (Тайвань), Korea Electric Power Corporation (Корея) и других лидеров рынка ТЭК и электроэнергетики. По оценкам экспертов, выручка компании за 2013 год превысила 2,5 млрд рублей, средние темпы роста за последние пять лет — 25%. В компании работают 1,25 тыс. высококвалифицированных специалистов, в том числе около 20 кандидатов и докторов наук.

Компания «Диаконт» была создана в 1990 году группой энтузиастов во главе с Михаилом Федосовским (до того он разрабатывал оптико-цифровые камеры высокого разрешения для космоса и обороны) в партнерстве с Мурманским морским пароходством, эксплуатировавшим в Арктике советские атомные суда. В 1991 году для пароходства был разработан первый образец радиационно стойкой телевизионной камеры для контроля ядерных реакторов.

К 1994 году в компании создали систему видеоконтроля перегрузки ядерного топлива, которая впоследствии стала штатной для реакторов ВВЭР-1000: ее внедрили на 30 объектах с этим реактором в России, а также на Украине, в Индии, Болгарии и Китае.

В 1997 году «Диаконт» заключил первый международный контракт на разработку и изготовление робототехнического комплекса с гироскопической привязкой для компании ABB TRC (Швеция). Комплекс был необходим для мониторинга каналов реактора и сочетал в себе ультразвуковую и телевизионную системы контроля с компьютерной системой управления. «С самого начала деятельности компании подразумевалось, что ее цель — быть равноправным участником рынка развитых стран», —

говорит генеральный директор ЗАО «Диаконт» Михаил Федосовский. «Для «Диаконта» этот контракт, подписанный в шведских кронах, означал большой успех: это был долговременный технически интересный проект с хорошим финансированием». Компания перестает быть убыточной — до того она развивалась за счет параллельных торговых бизнесов Федосовского.

Одно время команда «Диаконта» считала, что для выхода на западный рынок нужно иметь какое-то особое решение, и она постоянно занималась созданием, по сути, уникальных технически совершенных вещей. Французские партнеры из робототехнической компании ECA Hytec, вспоминает Федосовский, говорили: «Ваши решения замечательны, но не востребованы, а для успеха нужно взять часть от этого изделия, другую от другого, а самую простую — от третьего; соединив все это, вы получите намного более простой прибор и при этом по параметрам лучший на рынке».

В индустриальных технологиях инновация работает не так, как в информационных технологиях или телекоммуникациях. Она проходит этапы апробации и постепенного внедрения. Поэтому к максимализму, воспитанному советской инженерной школой, западные потребители высокотехнологичных продуктов относились настороженно. В результате переосмысления своего подхода к созданию техники «Диаконт» постепенно переходит на выпуск серийного продукта, и уже в 2001 году компания начала экспорт продукции в страны Западной Европы, а позднее вышла и на крупнейший мировой рынок радиационно стойких камер для АЭС в США, где ее партнером по продвижению становится компания Remote Ocean Systems. Лидеры на американском рынке оказания услуг по контролю основного оборудования АЭС компании General Electric и Westinghouse приняли решение закупать у «Диаконта» все новые радиационно стойкие камеры, и сейчас продукция российской компании занимает около 60% рынка США. «Способствовало выходу на американский, а позже и на другие рынки то, — рассказывает Федосовский, — что у нас появился хороший серийный продукт. Из-за особенности конструкции американских реакторов при проведении на них кампаний по перегрузке топлива объем телевизионного контроля у них существенно больше, чем у нас, и требуются только камеры высокой степени защиты, а наши системы на четыре порядка устойчивее к радиационным воздействиям, чем обычно используемые на зарубежных АЭС и в промышленном телевидении». Кроме того, крупный конкурент — англо-американская фирма IST-Rees, пренебрежительно относясь к потенциалу такой небольшой компании, как «Диаконт», утратила бдительность и снизила качество сервисного обслуживания. «Мы попали с проверенной техникой на пик недовольства клиентов нашим конкурентом и смогли выйти на рынок через другого нашего конкурента», — добавляет Федосовский.

В 2003 году «Диаконт» создает первый робототехнический комплекс для визуального контроля газовых трубопроводов изнутри, получивший название ТДК. Робот, перемещаясь внутри технологических трубопроводов со сложной геометрией, позволяет получить достоверную информацию о состоянии подземной части компрессорной станции, фактическом местоположении сварных швов и запорной арматуры, а также обнаружить дефекты трубы и сварных соединений и наличие посторонних предметов и загрязнений. Учреждается дочерняя компания — ЗАО «Конструкторско-технологический проектный институт «Газпроект»», специализирующийся в области проектирования робототехнических средств контроля и диагностики объектов газовой промышленности. ТДК успешно проходит опытную эксплуатацию на компрессорной станции (КС) ООО «Лентрансгаз», а с 2005 года начинается масштабное и успешное внедрение робототехнических комплексов для внутритрубной диагностики на газовых КС России. В 2007 году компания



«Диаконт»

Телеуправляемый диагностический комплекс ТДК способен обследовать трубопроводы сложной геометрии



«Диаконт»

Робототехнический ТДК-ТСТ компании «Диаконт» позволяет дистанционно измерять телескопические соединения трактов реакторов типа РБМК

получила премию «Газпрома» за достижения в области науки и техники. «Диаконт» впервые выходит с робототехнической продукцией на международный рынок (КС «Валкеала», Финляндия). В 2009 году создатели ТДК удостоиваются премии Правительства РФ в области науки и техники.

Управленцы «Диаконта», понимая, что способны работать на рынке США более активно, летом 2011 года открывают в Сан-Диего, Калифорния, собственный филиал — Diakont Advanced Technologies (DAT). «Из нашего опыта, — говорит Федосовский, — понятно, что одна из ключевых проблем выхода на рынки дальнего зарубежья — невозможность вести продажи и эффективную коммуникацию с западными заказчиком, не находясь с ними на одной территории. Потребовалось наладить сеть продвижения и обслуживания через

интегрированных в местный рынок партнеров, а для более широкого охвата рынка — открыть в дальнейшем собственный местный филиал на одном из наиболее крупных рынков». В 2013 году DAT заключил соглашение о стратегическом партнерстве с компанией Structural Integrity в области робототехнического внутритрубного контроля американских газопроводов сложной геометрии и трубопроводов атомных станций.

Сегодня инженеры «Диаконта» продолжают разрабатывать роботов для отечественных АЭС: создается уникальный миниатюрный сварочный робот для Билибинской АЭС. В 2011 году на Ленинградской АЭС прошел испытание уникальный робототехнический комплекс, позволяющий не только диагностировать, но и проводить восстановительные ремонты, в том числе телескопических соединений трактов технологических каналов реакторов модели РБМК, которые являются слабым местом этого реактора, а также вести работы по восстановлению ресурса графитовой кладки реактора. Комплекс разработан инженерами компании в кооперации со специалистами ведущих отраслевых организаций: ЛАЭС, НИКИЭТ, НИЦ «Курчатовский институт», ВНИИАЭС, ЭНИЦ, ОАО «НИКИМТ-Атомстрой». В итоге был создан комплект уникального оборудования для обеспечения всех этапов работ по восстановлению ресурсных характеристик реактора — от прецизионных измерительных манипуляторов до роботизированных модулей обработки ряда внутрореакторных конструкций. В «Росэнергоатоме» после проведения контрольных работ на первом блоке ЛАЭС отмечали, что использование этой техники на всех 11 блоках РБМК станет настоящим прорывом для концерна и даст миллиарды рублей экономии. Сейчас комплекс планируют разворачивать на Смоленской АЭС, где размещено четыре блока РБМК.

В 2014 году в рамках реализации совместного проекта «Диаконта» и Инновационного центра «Сколково» завершили предварительные испытания уникальной разработки — модуля ТДК для неразрушающего контроля трубопроводов на основе «эффекта динамического скин-слоя»

с целью продления ресурса безаварийной работы трубопроводов, в том числе используемых в ЖКХ. Испытания оборудования, проведенные совместно с независимой лабораторией Dekra Industrial (Швеция), подтвердили возможность измерения остаточной толщины металла через слой коррозии до 10 мм.

Серьезное конкурентное преимущество компании — наличие собственных НИОКР-центров и сотрудничество с исследовательскими институтами. «У нас очень серьезные партнеры — Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева, ЦНИИ КМ «Прометей», Курчатовский институт, НИКИЭТ им. Н.А. Доллежалея». В 2012 года «Диаконт» открыл кафедру систем и технологий техногенной безопасности в СПб НИУ ИТМО. Совместно с университетом «Диаконт» в рамках постановления правительства РФ от 9 апреля 2010 года № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» реализует проект по производству прецизионных быстродействующих силовых электромеханических приводов нового поколения для авиации и космоса, тепло- и электроэнергетики, промышленного оборудования, автоматизации и робототехники, предназначенных в том числе для робототехнических средств космического и оборонного назначения. С их созданием в компании связывают дальнейшее освоение новых рыночных сегментов и укрепление лидирующих позиций на международном рынке. По словам Федосовского, идея такова. Умело концентрируя ресурсы на приоритетных направлениях, в «Диаконте» научились делать уникальные системы, которые пользуются спросом во всем мире. Вместе с тем выпускаются они не более чем сотнями единиц, и понятно, что в таком «малотиражном» бизнесе риски достаточно высоки. Поэтому в компании ощущают потребность диверсифицироваться и перейти к производству продукта, как и предыдущие разработки, наукоемкого, высокотехнологического, комплексного, но выпускающегося не только десятками, но и сотнями тысяч штук в год. Прецизионная электромеханика нового поколения, существенно превосходящая существующие сегодня мировые аналоги, может заменить морально устаревшие гидравлические системы, которые, к примеру, работают сейчас в каждом автомобиле, самолете, турбине. Ее отличительная особенность — сочетание высокой амплитуды энергии (от 100 кг до 30 т), и высокой точности (до 0,005 мм) быстродействия при небольших габаритах привода. В разработке таких электромеханических приводов «Диаконт» видит себя в пятерке мировых лидеров. Объем рынка этих изделий уже достиг миллиардов долларов. К настоящему моменту успешно внедрены в эксплуатацию 12 комплексов электромеханических преобразователей (ЭМП) на шести турбинах АЭС. Завершается ОКР по созданию специального ЭМП в интересах ВМФ России.

Главные сдерживающие факторы, ограничивающие распространение новых технологий в стране, — это, по мнению Федосовского, прежде всего недостаток специальных знаний и технологий в области новых развиваемых направлений бизнеса и провалы в вузовской и отраслевой науке. Поэтому специалисты «Диаконта» ставят своей целью структурирование и применение полученных знаний и технологий как за счет изучения мирового опыта и прямых контактов с ведущими европейскими и американскими компаниями, так и в результате совместной научно-исследовательской деятельности «Диаконта» с отечественными исследовательскими центрами. Серьезная проблема для инновационного развития заключается и в том, считает Федосовский, что оно не может происходить только в отдельных компаниях — оно должно идти в стране в целом, там, где есть сотни компаний, нуждающихся в инновациях, где есть конкуренция, инновационная экосистема, существует интенсивный переток идей, кадров и финансов.

поставить рабочего к станку и платить ему невысокую зарплату, то это будет выгоднее, чем конструирование сложной автоматизированной или роботизированной системы», — объясняет Александр Батанов. С ним согласен Владимир Серебряный: «В Европе или США самый дешевый робот окупается за год, а то и меньше. Но у нас этот фактор не работает, потому что в России ниже стоимость труда». «Мы производим технико-экономическое обоснование для заказчиков. В среднем, если осуществляется сварка массового изделия, системы окупаются за 2,5–3 года. Срок службы робота при правильной эксплуатации составляет 12 лет», — говорит Антон Бычковский, генеральный директор инжиниринговой компании «Интеллектуальные Робот Системы».

Потенциальный объем спроса на промышленную робототехнику в России снижает низкая культура производства. Автоматизация отдельных звеньев производственных цепочек наталкивается на проблему постоянства качества сырья и заготовок. Нередко заготовки производятся на устаревшем и некачественном оборудовании, в результате чего отсутствует стабильность размеров, а допуски на входящие детали не соответствуют заявленным в конструкторской документации. По этой причине автоматизация технологических операций становится невозможна. «На некоторых предприятиях сборка изделий производится с применением лома и других подручных средств, в результате чего получаются зазоры величиной с палец. Даже если применять современные технологии отслеживания сварного шва с помощью лазерных сенсоров, то поиск стыка будет занимать больше времени, чем сама сварка, и производительность роботизированной системы будет низкой. Смысл автоматизации теряется, ведь гораздо быстрее будет сварить детали вручную», — объясняет сложность роботизации в российских условиях Антон Бычковский.

Отдельный вклад в формирование спроса на промышленную робототехнику во многих странах обеспечивают высокотехнологичные производства, на которых необходимая точность операций требует обязательного использования робототехники. Но удельный вес российской наукоемкой продукции на мировых рынках составил в 2012 году лишь 0,35% (против 7,6% у Германии, 13,5% у США). Поэтому высокотехнологичные производства также не являются в России серьезным источником спроса на промышленную робототехнику.

При низком спросе на внутреннем рынке внешние рынки являются практически недоступными. Мировой рынок промышленной робототехники характеризуется высокой конкуренцией, значительными объемами производства основных производителей, позволяющими пользоваться эффектом масштаба, наличием устойчивых связей с ключевыми потребителями и протекционизма в отношении национальных производителей. Так, в 2007–2009 годах ООО ВМЗ участвовало в ряде тендеров на поставку роботов для автомобильной промышленности за рубежом. Руководством компании была отмечена закономерность, что победы одерживались либо фирмами той страны, где проводился тендер, либо входящими в тот же концерн, что и заказчик. «Одно и то же происходило в Германии, Франции, Японии и Корее», — утверждает Владимир Серебряный. Кроме того, Россия достаточно удалена от основных рынков потребления, что затрудняет сервисное обслуживание и поставку комплектующих.

На конкурентоспособность российской робототехники серьезное влияние оказывают относительно высокие издержки производства. Тарифы на электроэнергию в России для

КБ Аврора

Автономные машины

Аналитики предрекают большой успех технологиям автопилотов для легковых и грузовых автомобилей. В России их разработкой занимается несколько групп энтузиастов, ежегодно даже проводятся соревнования «Робокросс» для автомобилей этого класса. Победителем в 2013 и 2014 годах стала компания ООО «КБ Аврора», в настоящее время резидент Фонда «Сколково». ООО «КБ Аврора» вошло в ИТ-кластер с проектом автоматизации автотранспортных средств. Этот стартап создан на базе студенческого конструкторского бюро РГРТУ.

Значительную часть разработок компания ведет за счет собственных средств и заказов от таких компаний, как КАМАЗ и ГАЗ. Кроме того, «КБ Аврора» заключены договоры с ООО «Сигнал» на 5 млн рублей и с ОАО «Теплоприбор» на 3 млн рублей. В качестве приоритетных направлений развития компания видит автоматизацию испытаний износоустойчивости автомобилей на полигонах, автоматизацию техники в аэропортах, а также разработку новых моделей общественного транспорта.



Соданное на базе «КБ Аврора» беспилотное транспортное средство стало победителем соревнования «Робокросс» в 2013 и 2014 годах

«КБ Аврора»

предприятий выше, чем для населения. Этот показатель варьируется в зависимости от региона, от потребляемых мощностей и от времени суток, но тем не менее средний максимальный тариф составлял 4,6 рубля в ценах 2012 года. В Европе, напротив, тарифы для предприятий ниже, чем для физических лиц. Самые низкие тарифы во Франции, где электроэнергия для предприятий дешевле, чем в России: 2,7–3,4 рубля в 2012 году. В большинстве других стран Европы, по приблизительным оценкам, они близки к российским тарифам или чуть выше их. Однако следует учесть, что за счет более сурового климата и отсутствия современных технологий энергосбережения в среднем энергоёмкость российской экономики в три раза выше европейской, поэтому стоимость электроэнергии служит дополнительным фактором отсутствия ценовой конкурентоспособности продукции российской промышленности.

Еще одним фактором, тормозящим развитие предприятий, являются высокие процентные ставки. Так, средневзвешенная стоимость кредита для нефинансовых организаций, согласно статистике Центрального банка РФ за 2014 год, не опускалась ниже 12,68%. В феврале 2014 года стоимость кредита для производственных организаций составляла не менее 14%. При этом, по словам Владимира Серебряного, рентабельность в машиностроении, в том числе в роботостроении, составляет 5–10%. «По рыночному механизму производить роботов на территории России экономически неэффективно», — уверен он.

Помимо этих, общих для всей российской промышленности, проблем робототехнике присущи собственные специфические трудности. Об отсутствии качественных отече-

ственных комплектующих для производства роботов говорят многие производители и эксперты. В частности, специальные особо устойчивые на изгиб кабели, а также подшипники, приводы, редукторы и электронные компоненты приходится закупать за рубежом. Так, в НИИ специального машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана раньше использовались приводы ДП 60-90 российского производства. Однако сейчас двигатели стали значительно совершеннее: в пять-шесть раз эффективнее по соотношению выдаваемой мощности к массе, что привело к переходу на зарубежную продукцию.

В СКТБ прикладной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана, по словам Александра Батанова, до 2000-х годов использовались воронежские электромоторы, но позднее их производство было закрыто. Тем не менее часть комплектующих в СКТБ все еще закупают в России, направились системы связи, однако их качество уступает зарубежным аналогам. В ООО ВМЗ столкнулись с проблемой найти качественные подшипники. Срок службы российских компонентов, выпускаемых серийно, оказался на два порядка ниже требуемого. Владимир Серебранный поясняет это отсутствием спроса: Волжский машиностроительный завод — единственный массовый производитель промышленных роботов в России. «ВМЗ требуется около пяти тысяч подшипников в год. А заводы производят их десятками тысяч в день. В такой ситуации мы не можем повлиять на их качество», — говорит Владимир Серебранный. Незрелость отечественного рынка комплектующих ведет к росту стоимости российской робототехники и ухудшению ее характеристик.

Импортные комплектующие, в отличие от готовых импортных роботов, облагаются таможенными пошлинами. Это дестимулирует производство конечной робототехнической продукции на территории России. Так, большинство видов кабелей, используемых в силовых установках роботов, облагаются пошлиной от 10% до 17,5% (группа ТН ВЭД — 8544 42, 8544 49). По подшипникам (группа ТН ВЭД 8482), не относящимся к сборке моторных транспортных средств и производству авиационных двигателей, пошлина составляет 10%. По зубчатым колесам и передачам (группа ТН ВЭД 8483 90 и 8483 40) пошлины в большинстве случаев 4–5%.

Помимо пошлин комплектующие в России удорожаются доставкой. «Логистика поставки комплектующих сегодня по сравнению с западными странами в России дороже процентов на 25–40», — объясняет Владимир Серебранный. Он связывает это с географическим положением России, плохим состоянием автодорожной инфраструктуры, с задержками на таможне, а также с ограниченным спросом, что приводит к поставкам мелкими партиями.

Кроме того, некоторые комплектующие в принципе недоступны российским производителям. «Крупные немецкие или японские производители отказываются поставлять свою продукцию в Россию под предлогом двойного назначения комплектующих», — говорит Александр Батанов. Ситуация усугубляется тем, что наиболее критичные с точки зрения обеспечения характеристик изделий комплектующие производятся лишь одной или двумя компаниями из развитых стран, а это лишает возможности найти альтернативу.

Все перечисленное делает экономически нецелесообразной организацию не только производства промышленной робототехники, но и сколько-либо значимых объемов

«Экзороботикс»

Реабилитационная робототехника

В 2014 году конкурс инновационных проектов Startup Village в Фонде «Сколково» выиграла компания «Экзороботикс», занимающаяся разработкой экзоскелета ExoAtlet. Это устройство позволит ускорить реабилитацию пациентов с локомоторными нарушениями нижних конечностей, наступившими в результате травм, операций, заболеваний опорно-двигательного аппарата или нервной системы, а многим из них даст возможность избежать инвалидности. «ЭкзоАтлет» также можно будет использовать в аварийно-спасательных работах и для военного применения.

Большая часть команды — выходцы из НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова, некоторые из них до сих пор продолжают там научную деятельность. Первые работы по этой теме в НИИ механики МГУ велись еще во времена Советского Союза, но из-за недостаточного финансирования они были свернуты в середине 1980-х.

Когда в 2011 году в МЧС с подачи ОАО «РВК» возникла идея реформатирования одной из разработок НИИ механики МГУ (прототипа шагающего лунохода) в экзоскелет для пожарных, работа была поддержана Министерством образования и науки РФ в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки 2007–2013». Первый в России действующий образец пассивного экзоскелета ExoAtlet-P был продемонстрирован на IV Международном салоне «Комплексная безопасность — 2013» и награжден золотой медалью в номинации «Лучшее инновационное решение в области комплексной безопасности».

По словам генерального директора «Экзороботикс» Екатерины Березий, сегмент оборудования механотерапии для лечения больных с двигательными нарушениями оценивается на сегодняшний день в 20–25% от общего объема рынка лечебно-восстанавливающего оборудования в России, что составляет около 2–2,5 млрд рублей в год и имеет потенциал роста до 10–15 млрд рублей в ближайшей перспективе.

К конкурентным преимуществам ExoAtlet Екатерина Березий относит: изначальное соответствие российским медицинским стандартам, низкую цену, удобство для врачей, сервисное обслуживание в России. В настоящий момент проект находится на стадии действующего прототипа, идет подготовка к созданию опытного образца, проведению клинических испытаний и медицинской сертификации.



Компания «Экзороботикс» разработала экзоскелет для людей, проходящих реабилитацию

любых роботов. Подтверждением этому является опыт компании Rbot — крупнейшего в России производителя роботов телеприсутствия. После перевода производства большей части узлов на собственную площадку в Китае — Quanzhou Future Robot Technology — цену производимых в России роботов удалось снизить в два раза.

4.5.2. Сервисные роботы

Для сервисной робототехники характерен ряд маркетинговых проблем. Существенными ограничениями ее развития являются низкий уровень компетенций и отсутствие должной мотивации коммерциализировать результаты исследований и разработчиков: университетов, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов. Заметному росту числа коммерчески ориентированных компаний препятствует недостаточная популярность робототехники и почти полное отсутствие специализированной инновационной инфраструктуры.

Слабой стороной гражданской сервисной робототехники является также отсутствие традиций промышленного дизайна. Ряд экспертов отмечают, что очень слабая сторона российских разработок — это то, как выглядит потенциальная продукция. «Мало сделать — надо продать», — говорит Альберт Ефимов. — Нужно сделать не просто робота, надо сделать продукт. В России упущено одно очень важное звено в этой цепочке — промышленный дизайн». Альберт Ефимов рассказывает, что с подобной проблемой он постоянно сталкивается, когда робототехники показывают ему свои разработки. «Приходится их серьезно убеждать, чтобы они нашли нормальных дизайнеров и превратили разработку в более или менее вменяемый продукт. Промышленный дизайн у всех в низком приоритете», — отмечает эксперт. «Нужна поддержка. Само уже не вырастет», — говорит он о перспективах становления промышленного дизайна в России, в том числе в области робототехники.

Кроме того, представители стартапов, занимающихся сервисной робототехникой, в качестве проблемы называют нехватку квалифицированных кадров. «Основным препятствием для развития робототехники в России является недостаток компетенций», — считает генеральный директор ООО «Компьютерная робототехника» Роман Усатов-Ширяев. Генеральный директор Wicron Роман Жуков указывает на недостаток работающих по специальности выпускников направления «Мехатроника и робототехника».

Значительная часть молодых кадров готовится с участием государственных организаций, занимающихся робототехникой специального назначения, там же многие и остаются. Кроме того, как констатирует генеральный директор ООО «КБ Аврора» Станислав Голь, «наиболее квалифицированные кадры зачастую уезжают за границу, так как не находят роста и аналогичных условий для работы в России».

Мигрируют также предприниматели-инноваторы. «Я регулярно общаюсь с людьми из Китая и США, которые вначале пишут письмо на английском, а потом оказывается, что они уехали из России и работают над стартапом за рубежом», — рассказывает Валерия

Комиссарова, директор по развитию компании Grishin Robotics. Сказываются сложности работы в России. «В целом за границей интерес к проектам в области робототехники намного выше», — подчеркивает она.

Наиболее защищенным сегментом российской робототехники является сервисная робототехника специального назначения (специальная техника, спецтехника). Она практически не конкурирует с техникой зарубежных производителей, и спрос на нее в наименьшей степени по сравнению с другими сегментами зависит от ее качества и цены.

Организации по разработке и производству специальной робототехники, как правило, обслуживают только одного покупателя — государство в лице МЧС России, Минобороны России, МВД России, ФСБ России и ГК «Росатом». Зависимость от единственного заказчика несет высокие риски. В ситуации монополии потребителя диверсификация рынков сбыта является классическим решением проблемы, и применение имеющихся компетенций для создания рыночно ориентированной робототехнической продукции могло бы стать выходом для ключевых российских игроков. Но, по признаниям разработчиков, дела с коммерциализацией обстоят неважно. Можно ли в принципе рассчитывать, что когда-либо к ним придет успех в разработке «гражданской» продукции? Ответ скорее отрицательный. По мнению Николая Кутеева, разработчики специальной робототехники не склонны что-либо делать для массового рынка, потому что у них другие установки. «Ключевой проблемой является некая психологическая незаинтересованность. Институтам и конструкторским бюро интереснее сделать разовое изделие: деньги зарабатываются на выполнении НИОКР, а не на продажах», — считает он.

Валерия Комиссарова отмечает, что разработчики спецтехники привыкли работать над решением амбициозных задач и им трудно перестроиться на проекты совершенно иного плана: «Если люди привыкли строить десятилетиями самоходные танки и привыкли получать на это финансирование, то они не в состоянии сделать пылесос за полтора года ценой 600 долларов, который через несколько месяцев нужно усовершенствовать, потому что он уже устарел, или потому что потребителям хочется чего-то другого, или потому что в Китае его сделали на 200 долларов дешевле».

Несмотря на компетенции российских организаций, занимающихся робототехникой, — тех, что действительно производят какой-то продукт, — эксперты в силу указанных особенностей не очень верят в возможность коммерциализировать их разработки. Так, Альберт Ефимов уже сталкивался с тем, что ему прямо говорили: «У нас контракты с Минобороны, ФСБ, МВД. У нас все есть, и деньги нам особо не нужны». «Девяносто процентов робототехников, с которыми я общаюсь, видят только государство в качестве своего заказчика, то есть ту или иную госструктуру: Минздрав, Минобрнауки, Минобороны», — отмечает он.

Однако даже наличие госзаказчика не помогает руководителям конструкторских бюро наладить стабильную работу. Разработчики ссылаются на недостатки тендерной системы госзакупок, которая в теории должна поддерживать конкуренцию, но, по их мнению, на практике порождает высокий уровень неопределенности и отсутствие устойчивого госзаказа.

«Если вы занимаетесь технологиями мирового уровня, то для этого требуется конструкторское бюро, требуется непрерывное финансирование. Если вы набираете лучших специалистов под проект, а затем увольняете их, то во второй раз вам не удастся собрать команду. Людям нужна стабильность и перспектива. А если компания финансируется через участие в небольшом числе тендеров, победа в которых носит вероятностный характер, то несколько неудачных заявок в конце концов разрушают предприятие», — говорит Александр Батанов.

С одной стороны, подобная логика может служить оправданием того, что на предприятиях не могут построить проектную работу даже под привычного заказчика, не говоря уже о выходе на другие рынки. С другой — это указывает на негибкость государственной политики в области финансирования перспективных разработок, применения к ним упрощенной логики «тендер — контракт — деньги — товар». Например, в США работа построена по-другому. Так, грантовая система программ агентства DARPA предполагает возможность того, что желаемый результат может быть и не достигнут. В России с этим гораздо строже из-за тендерной системы госзакупок. «Если ты получил финансирование, то необходимо добиться обещанного результата. В противном случае могут попросить вернуть деньги», — говорит Владимир Кудряшов.

Можно понять, что такие жесткие ограничения связаны с желанием госзаказчиков непременно получить требуемый результат. Однако наличие подобных рамок на этапе НИОКР приводит к тому, что научные коллективы начинают избегать риска, связанного с проведением действительно перспективных разработок, а это консервирует технологическую отсталость отрасли.

Почти все участники рынка называют серьезной проблемой отсутствие целенаправленной государственной политики в отношении робототехники. Так, по общему мнению разработчиков из госсектора, проблемой является отсутствие промышленной политики в области робототехники и недостаточное государственное финансирование НИОКР. В свою очередь, представители производителей промышленной робототехники говорят о необходимости долгосрочного финансирования на модернизацию производств, которая бы подстегнула спрос на робототехнику. Руководители некоторых стартапов считают важным наращивание прямой финансовой поддержки разработчиков через институты развития и государственные фонды.

Также, несмотря на появление в последнее время поддержанных государством проектов, стоит отметить несогласованность действий различных министерств в отношении реализации проектов по робототехнике. Так, Минпромторг России и Минобрнауки России в 2007–2013 годах финансировали ряд проектов по разработке робототехнических комплексов для хирургии.

1. ЗАО «Экоинвент» реализовало в 2011–2013 годах проект «Разработка многофункционального манипулятора для робоассистенции в высокоточной хирургии». Бюджетное финансирование данного проекта от Минобрнауки России составило 178 млн рублей. Контракт был расторгнут в конце 2013 года по соглашению сторон, исполнитель израсходовал 172,6 млн рублей фактически оплаченных заказчиком средств.

Navigator Campus

Частная инновационная инфраструктура

Первым инкубатором для hardware-проектов в России стал казанский Navigator Campus (NC). Этот частный технопарк площадью 1,2 тыс. м² был открыт в феврале 2014 года. Идейным вдохновителем проекта стал основатель молодежного бизнес-клуба «Навигатор» Василь Закиев, который продал долю в своем проекте «Штрафы ГИБДД» стратегическим инвесторам и вместе с партнерами вложил полученные деньги в создание площадки для hardware-стартапов.

С этой целью было выкуплено и реконструировано двухэтажное здание автосалона в спальном районе на севере Казани. Для резидентов NC доступны рабочие места, центр коллективного пользования, склад расходных материалов, кафе и другая инфраструктура. Ключевым фактором успеха площадки является активная управляющая команда, способная помочь с разработкой прототипа и размещением производственных заказов на заводах в России и в Китае. При инкубаторе работает посевной фонд, который финансирует наиболее перспективные проекты. Кроме того, управляющая команда активно сотрудничает с такими инвесторами, как Almaz Capital, Runa Capital, Phystech Ventures, Grishin Robotics и DP Technologies, что ценно для резидентов. В результате уже есть примеры перехода проектов из более крупных технопарков в Navigator Campus, как это случилось с производителем 3D-принтеров ENNOVA.

Бизнес-модель площадки базируется на сдаче в аренду площадей. Базовый тарифный план — это 11 тыс. рублей в месяц за рабочее место в небольших комнатах с прозрачными стенами. Всего площадка рассчитана на 120 рабочих мест, однако это лишь первая очередь строительства задуманного технопарка. При этом работа в Navigator Campus притягивает предпринимателей и инженеров не только из Казани. Так, в рамках проводимого фондом Pulsar Ventures при поддержке ОАО РВК акселератора GenerationS в области промышленных технологий в Navigator Campus было размещено 10 проектов, шесть из которых приехали работать из других городов.

Еще одним источником выручки инкубатора является доступ к оборудованию для прототипирования. Также управляющая команда Navigator Campus находит заказы на проектирование и производство продукции у внешних подрядчиков, в том числе обеспечивая спрос на услуги для своих резидентов. Расходная часть бюджета площадки складывается из фонда заработной платы 10 человек, а также из расходов на эксплуатацию здания. Кроме того, основатели NC инвестируют в развитие некоторых компаний собственные средства.

Учитывая слишком короткий срок работы, пока слишком рано судить об эффективности этой бизнес-модели: руководство NC планирует выходы из первых проектов не ранее 2016 года. Однако сам факт появления подобной структуры без поддержки со стороны государства — это позитивный сигнал о заинтересованности частного бизнеса в развитии технологических компаний на собственные средства.

2. ОАО «Казанский электротехнический завод» в 2013 году начало выполнение работ по НИОКР «Разработка технологии и организация производства модульных комплектов для ассистирующего мехатронного хирургического комплекса». Бюджетное финансирование данного проекта от Минпромторга России составляет 300 млн рублей.

3. Согласно ряду источников, в настоящее время Минпромторг России финансирует еще одну аналогичную программу. Ее координатором является Институт конструкторско-технологической информатики РАН и созданное на его базе ООО НПЦ «Биомедтехнологии», которые разрабатывают более компактный и дешевый по сравнению с оригиналом аналог медицинского робота da Vinci. Точные сроки выполнения работ и объем финансирования неизвестны (приблизительная длительность — четыре года).

Таким образом, в последние годы двумя министерствами запущены три высокобюджетных проекта по созданию роботизированных хирургических комплексов (или комплектов для них) сходного назначения. Вопрос о целесообразности проведения параллельных исследований остается открытым. Конечно, создание конкуренции между частными компаниями — это положительный фактор, однако он не должен приводить к распылению государственной поддержки в отсутствие скоординированных усилий двух ведомств.

4.6. Выводы

1. Объем российского рынка робототехники незначителен. Но отечественное производство не покрывает даже его нужды. Единственным сравнительно сильным сегментом отрасли остается робототехника специального назначения, во многом использующая накопленный в советские годы потенциал.

2. В России существует большое число центров компетенций в робототехнике. Однако они, за исключением частных компаний, оказывают незначительное влияние на развитие отрасли. Особенно велик разрыв между инженерным потенциалом и успехами коммерциализации в сегменте специальной робототехники, где отсутствует соответствующая мотивация для разработки продуктов, ориентированных на B2B или B2C рынки.

3. Проблемы с кадровым обеспечением характерны для робототехнических стартапов. Нехватку кадров испытывают в основном проекты, не готовые предложить конкурентоспособный уровень оплаты. В целом качество и количество выпускаемых системой высшего образования специалистов-робототехников не сильно отстают от слабого спроса на них.

4. Абсолютное большинство российских стартапов сосредоточено в сегменте гражданской сервисной робототехники. Пока отдельные истории их успеха являются исключениями. В России существует потенциал для развития робототехнических компаний, однако высокие барьеры и отсутствие опыта коммерциализации подобных проектов тормозят рост отрасли.

5. Препяды для развития робототехники в России можно охарактеризовать как существенные. Ограниченность внутреннего спроса и сложности выхода на внешние рынки не позволяют отечественным производителям воспользоваться эффектом

масштаба. Малый опыт разработок, слабые компетенции в маркетинге и промышленном дизайне не дают им возможности выигрывать по качеству продукции и эффективности ее продвижения. Высокие издержки организации производства: уровень налоговой нагрузки, стоимость электроэнергии, комплектующих и финансовых ресурсов, а также низкая производительность труда — делают российскую продукцию неконкурентоспособной по цене. Перечисленные факторы блокируют развитие промышленной робототехники и организации массового производства во всех ее сегментах на территории России. Производители сервисной робототехники не проявляют активности в коммерциализации своих разработок, поскольку спрос на их продукцию мало зависит от рыночной конъюнктуры и практически целиком определяется государственным заказом. Потребительская сервисная робототехника слаба в части маркетинга и промышленного дизайна, а также ограничена в возможности организации конкурентоспособного потенциального производства на территории России.

6. Государственные меры по формированию интереса к робототехнике у молодежи дадут в среднесрочной перспективе эффект в виде роста числа молодых специалистов. Однако трудности в реализации ими своего потенциала могут нивелировать эффект от притока новых кадров в отрасль. Дополнительное негативное влияние на накопление человеческого капитала в этой области будет и в дальнейшем способствовать оттоку кадров в страны с активно развивающимся рынком робототехники.

7. На рынке присутствуют основные институты (венчурные фонды, бизнес-ангелы) для финансирования новых компаний. Серьезным препятствием для развития гражданской сервисной робототехники является нехватка команд разработчиков, обладающих перспективными конкурентоспособными технологиями и успешным опытом ведения коммерческой деятельности, и специализированной инновационной инфраструктуры.

8. Одним из направлений государственной политики стимулирования робототехники может стать развитие специализированной инновационной инфраструктуры, обеспечивающей запуск десятков новых проектов в области робототехники.

9. В последние годы государство стало проявлять заметный интерес к робототехнике. Однако отсутствие целостной политики и продуманной системы поддержки, а также рассогласованность действий отдельных ведомств являются серьезной проблемой и делают усилия государства на данный момент малоэффективными.

Приложение 1. Направления исследований российских центров компетенций в области робототехники**Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН**

<http://www.imash.ru/scientific-section/section5/structure5/>

Роботы и манипуляторы параллельных структур с различным числом степеней свободы (математические расчеты и схемы механизмов); гидравлические и пневматические приводы, в том числе роботов и манипуляторов (теория, а также испытания и изучение функционирования существующего оборудования); разработка робота-станка для финишной обработки лопаток авиационных двигателей и интеллектуальная система управления к нему (ОКР).

Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН

Лаборатория робототехники и мехатроники

<http://www.ipmnet.ru/lab03.htm>

Лаборатория механики управляемых систем

<http://www.ipmnet.ru/lab02.htm>

Механика и системы управления манипуляционных и локомоционных (мобильных) роботов; мобильные робототехнические системы работы в экстремальных ситуациях и средах (трубы сложной конфигурации, вертикальные и потолочные поверхности, поверхности любой конфигурации); микророботы; экспериментальные исследования мобильных роботов нового типа, которые не имеют традиционных движителей (колес, ног, гусениц, винтов), а передвигаются за счет изменения конфигурации или перераспределения внутренних масс, подобно змеям или рыбам; решение задач оптимального управления (в том числе роботами); теория оптимального управления, в том числе исследование динамики управляемых движений роботов с упругими звеньями и шарнирами (все виды исследований: теория, компьютерное моделирование, математические расчеты, программирование, ОКР).

Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН

<http://www.keldysh.ru/Research/research-fr.html>

Программное обеспечение для робототехнических комплексов с элементами искусственного интеллекта.

НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова

<http://www.msurobot.com/>

Мобильные роботы: для автономного мобильного наблюдения, охраны территории, обслуживания (робот может двигаться из любого положения в любом направлении); роботы с механизмом стабилизации в неустойчивом состоянии; шагающие роботы (теория и ОКР, прототипы).

МГТУ имени Н.Э. Баумана (помимо СКТБ прикладной робототехники и НИИ СМ)

Научно-учебный центр «Робототехника»

<http://www.robot.bmstu.ru/>

Программное обеспечение для систем управления манипуляторами и мобильными роботами; разработка робототехнических систем промышленного и специального назначения (в систему входят роботы, системы осязания, конвейеры, прессы, средства измерения, датчики, рабочие инструменты, включая сварочные головки); сенсорные системы для робототехнических комплексов: для анализа и распознавания рабочих сцен, визуального контроля качества изделий, выполнения операций сборки, абразивной обработки; создание интеллектуальных систем, позволяющих адаптироваться к непредсказуемой обстановке, например при сборке узлов машин из деталей, которые подаются на конвейере или на роботах и произвольным образом расположены в «поле зрения» робота; при этом не требуется специальной дорогостоящей оснастки, жестко фиксирующей положение и ориентацию деталей относительно робота (программное обеспечение, ОКР).

МГТУ имени Н.Э. Баумана

Кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»

<http://hoster.bmstu.ru/~sm7/>

Автономно управляемые боевые и вспомогательные робототехнические комплексы; космическая робототехника. Кафедра является базовой для НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана (ОКР, опытные образцы, производство).

Центр разработки робототехнических систем Государственного инженерного центра МГТУ «Станкин»

<http://www.stankin.ru/gic/centers/center-of-the-development-of-the-robotic-systems/>

Проектирование и разработка сложных промышленных комплексов с элементами роботизации — комплекс с ЧПУ для плазменной сварки и плазменного напыления, многокоординатные металлорежущие станки на основе прецизионных комплектных линейных электроприводов, роботизированный комплекс для лазерной сварки сложных пространственных конструкций из тонкого металлического листа (совместно с кафедрой «Робототехника и мехатроника»), мобильные роботы для финишной обработки и неразрушающего контроля крупногабаритных листовых машиностроительных металлоконструкций.

Московский государственный индустриальный университет

<http://www.msiu.ru>

Разработка специализированных роботов для восстановительной медицины: одноприводный робот для капиллярного массажа поверхности головы; многосуставный робот для массажа, поддержки движения конечностей в суставах. Биотехническое управление роботом с использованием информации об электрокожном сопротивлении и тоне мышц (ОКР, опытные образцы).

МГТУ МИРЭА

<https://www.mirea.ru/science/priority-directions/intelligent-control-of-complex-dynamic-objects/>

Интеллектуальное управление сложными динамическими объектами, разработка ряда робототехнических систем: программное обеспечение для настройки

интеллектуальных приводов, дистанционная система управления манипулятором, интеллектуальная бортовая система управления для роботов воздушного, наземного и подводного базирования; ряд прототипов роботов: мобильный мини-робот, интеллектуальный пылесос, интеллектуальный манипуляционный робот, робототехнический комплекс для сложных технологических операций под контролем средств технического зрения, сборочный робототехнический комплекс (ОКР, прототипы).

Юго-Западный государственный университет

Кафедра теоретической механики и мехатроники

<http://mechatronics.kursk.ru/>

Разработка прототипов роботов для функционирования в различных средах с разными способами движения: прыгающие роботы, плавающие роботы, ползающие роботы, червеподобный робот для движения в трубах (ОКР).

Волгоградский государственный технический университет

<http://www.vstu.ru/kafedry/tem/nauchnye-napravleniya.html>

Теория, расчет и проектирование шагающих роботов, разработка шагающего робота (теория и ОКР) и системы управления им.

Институт автоматки и процессов управления ДВО РАН

Лаборатория робототехнических систем

<http://www.iacp.dvo.ru/russian/structure/subdiv/rs.html>

Научные исследования: разработка и проектирование подводных роботов (теория, расчеты, ОКР, создание прототипов узлов).

Технологический институт Южного федерального университета (Таганрог)

<https://sites.google.com/site/toetgnsgeduru/>

Автономные роботизированные воздухоплавательные объекты — дирижабли (расчеты, проектирование, системы управления) по заказу Министерства обороны РФ, Китая и ЕС; разработка прототипов мобильных роботов (ОКР); системы управления промышленными манипуляторами; проектирование подводных автономных беспилотных аппаратов.

Южный федеральный университет

Кафедра синергетики и процессов управления

<http://www.ccsd.tsure.ru/scientific>

Новые (синергетические) подходы к управлению робототехническими системами (теория).

Самарский государственный аэрокосмический университет

<http://oi.ssau.ru/>

Разработки в области распознавания изображений (теория, алгоритмы и программирование).

Уфимский государственный авиационный технический университет

<http://www.ugatu.su/problem-upravleniya,-sistemnogo-analiza,-robototexniki-i-mexatroniki.html>

Разработка интеллектуальных систем управления сложными промышленными и автономными мобильными робототехническими комплексами.

Институт проблем точной механики и управления РАН (Саратов)

<http://www.ipmcras.narod.ru/lab-4.htm>

Методы исследования кинематики роботов-манипуляторов, использующие бикватернионную теорию кинематического управления движением (теория).

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

Лаборатория информационных технологий в управлении и робототехнике

<http://www.spiiras.nw.ru/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=119>

Разработка систем управления робототехническими системами (теория, ПО), в том числе с использованием интеллектуальных систем трехмерного зрения.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

<http://www.ifmo.ru/>

В открытых источниках нет точных данных о направлениях исследований, но данный вуз является крупным центром с точки зрения подготовки специалистов в области робототехники, в том числе на кафедре мехатроники, кафедре технологий визуализации, кафедре систем управления и информатики, кафедре технологий приборостроения. Студенты вуза побеждают на международных турнирах по робототехнике. Выпускники впоследствии работают в профильных институтах (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН) и стартапах (WEAS Robotics, ООО «Селеноход», xTurion).

Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия

<http://www.volgau.com/кафедра-механика#2852>

Теория и разработка систем управления роботами-манипуляторами, в том числе сельскохозяйственными (погрузка — разгрузка); исследование кинетических и динамических характеристик манипулятора.

Приложение 2. Нормативные акты, оказывающие влияние на рынок робототехники в Российской Федерации

В таблице ниже приведены данные о нормативных актах федерального уровня (без учета актов, касающихся вопросов статистики и стандартизации), в разных контекстах затрагивающих вопросы развития робототехники в России, и показано, на какие именно сферы применения робототехники они влияют.

Направления применения робототехники в нормативных актах федерального уровня																	
№ п/п	Нормативные акты	Направление применения робототехники											Обеспечение развития робототехники				
		Без указания направления	БПЛА	Оружие	Подводные военные аппараты	Подводные гражданские аппараты	МЧС и ГО	Опасные условия	Космос	Транспорт	Сервисные роботы	Добыча ископаемых	Промышленность	Сельское хозяйство	Медицина	Нанообъекты	Сервисные устройства и программы
1	Федеральный закон № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»													1			
2	Военная доктрина Российской Федерации		1	1	1												
3	«О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации...»		1	1													
4	Президентская программа повышения квалификации инженерных кадров на 2012–2014 годы																1
5	«Основные положения основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности...»							1									
6	«Основы единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года»					1											
7	«О внесении изменений в перечень НИОКР, расходы на которые... включаются в состав прочих расходов в размере фактических затрат с коэффициентом 1,5»	1						1						1			

Продолжение табл.

№ п/п	Нормативные акты	Направление применения робототехники											Обеспечение развития робототехники					
		Без указания направления	БПЛА	Оружие	Подводные военные аппараты	Подводные гражданские аппараты	МЧС и ГО	Опасные условия	Космос	Транспорт	Сервисные роботы	Добыча ископаемых	Промышленность	Сельское хозяйство	Медицина	Нанообъекты	Сервисные устройства и программы	Кадры
8	«Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года»	1																
9	«О порядке учета внешне-экономических сделок для целей экспортного контроля»				1			1										
10	«Программа фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы»	1							1					1		1		
11	Создание ФГБУ «Главный научно-исследовательский испытательный центр робототехники» Минобороны России			1														
12	Госпрограмма РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»										1							
13	Госпрограмма РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы»		1															
14	Госпрограмма РФ «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах»								1									
15	«Программа развития нанотехнологий в Российской Федерации до 2015 года»			1												1		
16	«Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года»											1						

Продолжение табл.

№ п/п	Нормативные акты	Направление применения робототехники											Обеспечение развития робототехники					
		Без указания направления	БПЛА	Оружие	Подводные военные аппараты	Подводные гражданские аппараты	МЧС и ГО	Опасные условия	Космос	Транспорт	Сервисные роботы	Добыча ископаемых	Промышленность	Сельское хозяйство	Медицина	Нанообъекты	Сервисные устройства и программы	Кадры
17	«Стратегия развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года»						1					1						
18	«Стратегия развития цветной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года»											1						
19	«Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года»											1						
20	«Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 года»							1										
21	«Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года»	1										1				1		
22	Федеральная целевая программа «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы															1		
23	Федеральная целевая программа «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы				1	1						1						
24	Федеральная целевая программа «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года»						1											

Окончание табл.

№ п/п	Нормативные акты	Направление применения робототехники											Обеспечение развития робототехники					
		Без указания направления	БПЛА	Оружие	Подводные военные аппараты	Подводные гражданские аппараты	МЧС и ГО	Опасные условия	Космос	Транспорт	Сервисные роботы	Добыча ископаемых	Промышленность	Сельское хозяйство	Медицина	Нанообъекты	Сервисные устройства и программы	Кадры
25	«Стратегия социально-экономического развития Южного федерального округа на период до 2020 года»											1		1				
26	«Стратегия социально-экономического развития Центрального федерального округа на период до 2020 года»	1				1												
27	«Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года»											1						
Всего упоминаний		5	3	4	3	4	3	2	2	2	1	2	6	1	3	2	3	1

Чаще всего в нормативных актах упоминалась робототехника военного применения — 10 упоминаний (в том числе БПЛА — три раза, оружие без указания на сферу его применения — четыре раза, подводные военные аппараты — три раза). На втором месте стоит промышленная робототехника — шесть упоминаний. Затем следует упоминание робототехники в целом, без указания на сферу применения, — пять раз. Достаточно часто упоминались подводные роботы гражданского применения — четыре раза, роботы для нужд МЧС России и гражданской обороны (ГО) — три раза и медицинские роботы — три раза. В трех документах встречаются указания на необходимость разработки различных устройств (сенсоров, сервоприводов, систем связи и управления), программ, алгоритмов, математических моделей, необходимых для создания робототехники.

Глава 5. Перспективы развития российской робототехники



5. Перспективы развития российской робототехники

Значимость развития робототехники как в нашей стране, так и за рубежом заключается в ее влиянии на остальные отрасли. Несмотря на то что в абсолютных значениях объем поставок роботов пока уступает другим сегментам рынка высоких технологий, уже в среднесрочной перспективе уровень развития робототехники будет оказывать кардинальное влияние на производительность труда, качество и точность выполняемых операций. Подобный «горизонтальный» характер робототехники последовательно приводит к существенным изменениям в самых разных отраслях и видах человеческой деятельности, от проведения досуга до ведения военных действий.

Как показано в предыдущей главе, Россия обладает определенным потенциалом в области робототехники, однако для его полноценной реализации потребуются системная поддержка государства. Ниже мы приведем краткий анализ отдельных сегментов рынка робототехники и возможные сценарии развития этой отрасли в нашей стране.

5.1. Промышленная робототехника

Мировой рынок промышленных роботов сформирован несколько десятилетий назад и защищен от новых участников высокими барьерами для входа. Анализ зарубежного опыта показал, что шансы на развитие национальных производителей промышленных роботов могут иметь страны, которые проходят этап масштабной индустриализации и создания автомобильной отрасли. Без кардинальных изменений в отечественной экономике вероятность успешного развития российских производителей промышленных роботов невелика. Основными причинами этого являются следующие обстоятельства:

- ♦ опыт разработки и масштабы производства промышленных манипуляторов в России несопоставимы с мировыми лидерами в этой области;
- ♦ уровень конкуренции на мировом рынке промышленных роботов крайне высок, их выпуск рентабелен лишь при существенном масштабе производства (в десятки тысяч штук в год). Внутренний спрос в России пока на два порядка меньше, а возможности выхода на внешние рынки ограничены;

- ♦ России присущи высокие издержки организации производства; уровень налоговой нагрузки, стоимость электроэнергии, комплектующих и недоступность долгосрочного финансирования, а также низкая производительность труда — все это делает российскую продукцию неконкурентоспособной по цене. Дополнительными факторами, оказывающими негативное влияние на развитие производителей роботов в России, являются таможенная политика, удаленность от основных рынков сбыта и недоступность отдельных позиций комплектующих.

Важную роль в создании добавленной стоимости в робототехнике и связанном с ней сегменте систем автоматизации играют инжиниринговые компании, осуществляющие внедрение роботов в производственный процесс. Пока их число в России мало, а опыт зачастую недостаточен для реализации сложных проектов. Тем не менее по мере роста спроса на робототехнику со стороны промышленности будет происходить увеличение количества и повышение квалификации российских интеграторов.

5.2. Сервисная робототехника

Рынок сервисной робототехники в России представляется более перспективным, чем рынок промышленных роботов. За счет его фрагментарной межотраслевой структуры и продолжающегося появления новых ниш становится возможным достижение российскими разработчиками технологического лидерства в отдельных возникающих сегментах. Можно ожидать появления наибольшего числа успешных проектов в отраслях, создающих значимый внутренний спрос: военная и специальная робототехника, добыча полезных ископаемых, эксплуатация инфраструктуры, логистика и здравоохранение.

5.2.1. Робототехника специального назначения

В настоящее время крупнейшим сегментом мирового рынка профессиональной сервисной робототехники являются военные роботы, включая беспилотные летательные аппараты. Кроме военных целей, подобные устройства используются специальными службами, например для осмотра подозрительных предметов. Важнейшим фактором использования роботов специального назначения является снижение потерь среди личного состава и материального ущерба.



Антропоморфная робототехническая система MR-400 на колесном шасси НПО «Андроидная техника»

В России в этом сегменте есть ряд конструкторских бюро и заводов, ориентированных на выполнение государственного заказа. Отказ от разработок в этой области способен

в перспективе 10–15 лет привести к потере паритета с ведущими армиями мира, поэтому можно предположить, что в этой нише сохранится устойчивый заказ со стороны государства. Несмотря на наличие платежеспособного спроса сегмент робототехники специального назначения сталкивается с нарастающими проблемами, включая отсутствие отечественной элементной базы и ограничения поставок зарубежных комплектующих.



Телеуправляемый комплекс для обследования труб используется в диагностике теплотрасс, водоподводов, газовых трубопроводов

5.2.2. Профессиональная сервисная робототехника

Потенциал развития сервисной робототехники в России различен для каждого из сегментов и определяется в основном наличием соответствующего внутреннего рынка.

Добыча природных ресурсов

Добыча полезных ископаемых является одной из ключевых отраслей экономики России, в которой создается 10,9% внутреннего валового продукта и на которую приходится 71,6% экспортной выручки. Основная же доля создаваемой стоимости здесь приходится на добычу углеводородов, далее с большим отрывом идут добыча металлических руд, угля.

Несмотря на то что некоторые направления этой отрасли предъявляют высокий спрос на высокотехнологичные разработки, например на технологии горизонтального бурения или добычи нефти на шельфе, автоматизация и робототехника пока не относятся к ключевым факторам ее развития.

Среди наиболее перспективных направлений разработок в этой области можно выделить:

- ♦ автономную карьерную технику для добычи открытым способом;
- ♦ подводные роботизированные манипуляторы и автономные устройства для исследования морского дна, мониторинга состояния трубопроводов и другой инфраструктуры; манипуляторы, позволяющие проводить ремонт под водой;
- ♦ беспилотные летательные аппараты для мониторинга удаленных месторождений.

Спрос на роботов в этих сегментах в России постепенно растет. Пока он остается ограниченным в абсолютных величинах, в том числе в силу того, что крупные компании не склонны использовать инновационные продукты. Однако спрос именно со стороны

российских корпораций может послужить основой для отработки новых технологий добычи, в том числе с целью экспансии отечественных компаний-разработчиков на международные рынки.

Эксплуатация инфраструктуры

Еще одним потенциально емким сегментом рынка для российской робототехники является эксплуатация инфраструктуры. Наиболее востребованными могут стать:

- ♦ роботы для внутритрубной диагностики, используемые в таких отраслях, как трубопроводный транспорт, энергетическое оборудование и жилищно-коммунальное хозяйство;
- ♦ роботы для диагностики, обслуживания и ремонта промышленных объектов, включая реакторы, нефтехранилища и др.;
- ♦ беспилотные летательные аппараты для мониторинга распределенной инфраструктуры, включая трубопроводы, железные и автодороги и т.д.;
- ♦ роботизированное диагностическое оборудование для судов и самолетов;
- ♦ роботы для уборки офисных помещений и общественных зон.

Логистика

В силу географических особенностей России логистика является для нее стратегически важной отраслью, обеспечивающей экономическую связность регионов.

Согласно оценкам РБК, объем логистических затрат в России в 2012 году составил 382,5 млрд долларов США, из которых 99,7 млрд долларов США пришлось на рынок логистического аутсорсинга. При этом рынок логистики, за исключением железных дорог и трубопроводного транспорта, характеризуется высокой конкуренцией и наличием большого числа игроков. По некоторым оценкам на российском рынке логистики присутствует порядка 50 тыс. компаний, 95% из которых являются субъектами малого и среднего бизнеса.

Рынок транспортно-логистических услуг в России активно развивается. Средний темп роста в 2011–2013 годах составил 19%. Эксперты прогнозируют, что этот показатель стабилизируется на уровне 15% в перспективе ближайших 10 лет. Основным фактором развития логистики является рост объемов внутренних перевозок. Дополнительный импульс рынку логистических услуг способно придать развитие транспортных коридоров из Европы в Азию по территории России.

Наиболее перспективными направлениями автоматизации в области логистики являются:

- ♦ автономная складская техника;
- ♦ колонны автопоездов;

- ♦ оборудование для перемещения тяжелых грузов;
- ♦ автоматизированные складские центры;
- ♦ курьерская доставка;
- ♦ системы комплектации заказов в интернет-магазинах;
- ♦ роботизированный автотранспорт.

Здравоохранение

Особенностью потенциально емкого внутреннего рынка медицинских роботов является то, что ключевую роль на нем играет государство как основной источник финансирования и регулятор отрасли.

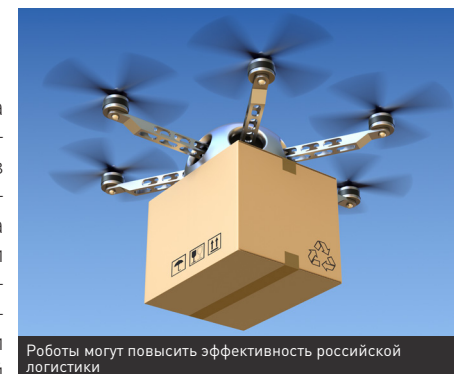
По оценкам группы компаний «Бюро», в 2011 году объем российского рынка медицинского оборудования и изделий медицинского назначения находился на уровне 158 млрд рублей. Средний годовой темп роста с 2004 по 2011 год составил 12%. Согласно Концепции развития здравоохранения Российской Федерации на период до 2020 года объем этого рынка увеличится до 200 млрд рублей, а доля отечественных производителей возрастет до 40% с текущих 19%. Государственная поддержка, необходимая для реализации этих планов, предоставляет большие возможности для разработчиков роботизированного медицинского оборудования.

Среди перспективных направлений разработок в области медицинской робототехники можно выделить:

- ♦ роботизированные хирургические комплексы;
- ♦ оборудование для мониторинга и терапии больных (инфузоматы);
- ♦ оборудование для телемедицины, включая системы телеприсутствия и удаленной диагностики пациентов;
- ♦ экзоскелеты для реабилитации;
- ♦ устройства для передвижения инвалидов.

5.2.3. Потребительская сервисная робототехника

Сравнительно небольшие расходы на НИОКР могут способствовать появлению значительного числа стартапов в потребительской сервисной робототехнике. Однако ключевые факторы успеха в этом сегменте, включая маркетинг и контроль издержек, не являются сильными сторонами российских производителей. Поэтому в данном направлении не приходится ожидать существенной



Роботы могут повысить эффективность российской логистики



«МИРП — Интеллектуальные системы»
Русские народные сказки — источник вдохновения создателей робота-ассистента Гиперколобка

динамики роста числа успешных компаний. Их становлению будут способствовать преимущества локальных игроков на внутреннем рынке, включая меньшие издержки в организации сервиса и наличие локального контента. Однако для достижения успеха в этом сегменте недостаточно лидировать на российском рынке, поскольку для сохранения конкурентоспособности по цене необходимо наращивать объемы производства и выводить свои продукты на массовые рынки крупнейших экономик мира, включая США, Европейский союз и Японию.

Перспективы для международной экспансии российских компаний в этом сегменте умеренны по следующим причинам:

- ♦ недостаток опыта в продвижении потребительских устройств на зарубежных рынках;
- ♦ высокие издержки на изготовление потребительской электроники в России;
- ♦ географическая удаленность от наиболее емких рынков;
- ♦ сравнительно слабые связи в области производственной кооперации с азиатскими компаниями.

5.3. Сценарии развития робототехники

Как показывает мировая практика, анализ которой приведен в главах 2 и 3, сегодня в развитии робототехники ключевую роль играет поддержка государства. В России в силу высокой доли государства в экономике его влияние на отрасль еще более значимо. Именно от его действий зависит то, в какой мере удастся раскрыть описанный выше потенциал отдельных сегментов.

На наш взгляд, можно условно выделить три возможных сценария развития российской робототехники:

- ♦ инерционный сценарий;
- ♦ сценарий точечной поддержки;
- ♦ сценарий системной поддержки.

5.3.1. Инерционный сценарий

Несмотря на реализацию отдельных программ в области технологий, до сих пор робототехника не входила в число приоритетов государственной поддержки в России. Сохранение такого подхода существенно снизит шансы на достижение российскими разработчиками успехов не только за рубежом, но и на отечественном рынке.

Масштабные программы разработки военных роботов в целом не способны кардинально изменить положение дел в отрасли. Несмотря на стратегическую важность данного направления для России, рынок подобных устройств будет ограничен государственным заказом и не создаст стимулов для освоения разработчиками новых рыночных сегментов. Основной причиной малой востребованности боевых роботов на данный момент является низкая экономическая и политическая «стоимость» жизни личного состава.

Эффективное развитие военных робототехнических проектов требует постоянного притока талантливых инженеров и разработки сопутствующих технологий (искусственного интеллекта, машинного зрения и т.д.). Без системного развития отрасли в перспективе до 2025 года вероятно постепенное снижение качества военных разработок до повторения лучших зарубежных образцов на уровне лабораторных прототипов.

Одним из возможных путей развития робототехники является конверсия. Потенциал сложившихся инженерных коллективов можно использовать для разработки гражданских продуктов. Удачным зарубежным примером такого подхода служит компания iRobot, которая существенно увеличила свою выручку за счет бытовых роботов, сохранив ядро разработчиков, занимающихся созданием новых роботов для армии США. Конверсия могла бы позволить увеличить объемы и обеспечить стабильность финансирования за счет выручки от гражданских продуктов, а также привлечь новых сотрудников конкурентоспособной заработной платой.

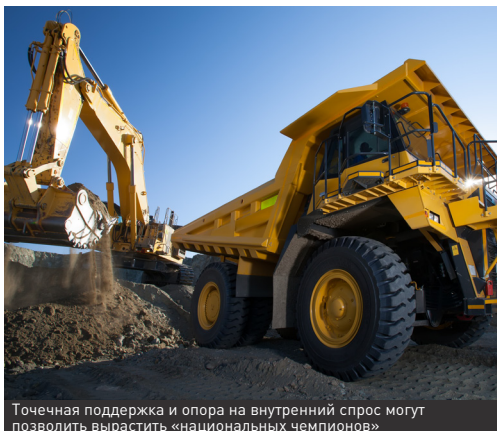
В российской практике реализация подобных сценариев требует изменения модели управления существующими центрами разработки роботов с целью привлечения людей, обладающих принципиально иными компетенциями, связанными с продвижением продуктов на рынок гражданской сервисной робототехники. Еще одним препятствием для конверсии является вопрос прав на использование государственной интеллектуальной собственности, особенно связанной с продуктами, имеющими военное или двойное назначение.

Гражданская робототехника в рамках инерционного сценария в условиях слабого внутреннего спроса и имеющегося недофинансирования исследований будет представлена единичными историями успеха компаний.

Наиболее перспективным направлением будет сфера программного обеспечения для роботов, отличающаяся относительно малой капиталоемкостью и низкими барьерами для входа новых участников. Позитивную роль может сыграть



Поддержки только военных разработок недостаточно для развития отрасли



Точечная поддержка и опора на внутренний спрос могут позволить вырастить «национальных чемпионов»

и наличие частных инвесторов из сектора информационных технологий, заинтересованных в проектах из смежных областей.

В промышленной робототехнике можно ожидать постепенного увеличения спроса на внутреннем рынке, удовлетворяемого в настоящее время за счет поставок импортного оборудования. Это повлечет за собой рост числа проектов внедрения, который будет обеспечиваться прежде всего российскими инженеринговыми компаниями.

5.3.2. Сценарий точечной поддержки

Практика точечной поддержки проектов, проводимая сейчас Российским технологическим агентством и институтами развития, может привести к появлению нескольких «национальных чемпионов». Для обеспечения масштабирования подобной адресной помощи необходимы координация усилий различных ведомств и государственных компаний, а также увеличение финансирования прикладных разработок. Для создания устойчивых моделей развития отрасли требуется сочетание государственной поддержки и рыночных механизмов. Несоблюдение баланса между ними может привести к тому, что усилия государства будут потрачены без достижения конечного результата. «Взращивание» преимущественно государственным заказом лишает руководство компаний мотивации для развития и агрессивного роста, приводит к формированию неконкурентоспособных групп разработчиков.

В рамках такого сценария внимание государства могут привлекать преимущественно проекты профессиональной сервисной робототехники в сегментах, имеющих значительный рыночный потенциал внутри страны. Важным критерием отбора компаний будет потенциальная конкурентоспособность их продукции на глобальном уровне, а также возможность выхода на зарубежные рынки.

Поддержка промышленной робототехники может оказаться вне фокуса внимания государственных институтов, поскольку ее развитие в России в сложившихся экономических условиях сопряжено со значительными объективными сложностями.

Государственная поддержка производителей программного обеспечения для роботов также будет носить ограниченный характер, фокусируясь на выделении грантов на НИОКР и поддержке компаний на самых ранних стадиях. Финансирование подобных проектов пока несущественно влияет на национальную экономику за счет незначительного мультипликативного эффекта по сравнению с другими областями

робототехники. Поэтому ключевую роль в развитии таких проектов на стадиях роста будут играть преимущественно рыночные механизмы.

5.3.3. Сценарий системной поддержки

Качественных позитивных изменений в российской робототехнике можно ожидать лишь при ее системной поддержке, включающей:

- ♦ формирование стратегии развития отрасли, содержащей цели и механизмы ее реализации;
- ♦ создание условий для появления инновационных робототехнических проектов;
- ♦ систематизацию мер государственной поддержки отрасли и их настройку на достижение целей ее развития.

Инструментами выполнения этих задач могут стать:

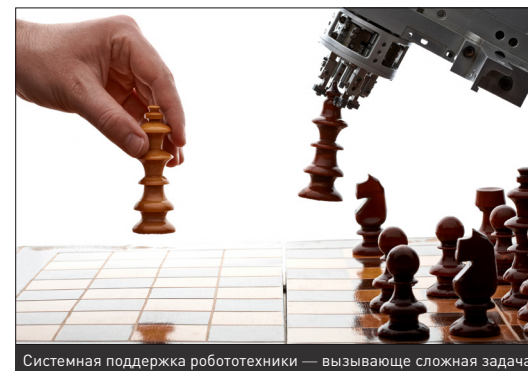
1) расширение программ исследований в связанных с робототехникой областях науки. Изучение мирового опыта выявило ведущую роль государственного стимулирования НИОКР в робототехнике. С учетом объемов финансирования подобных программ в США, Европе, Японии и Китае достижение российскими разработчиками значимых результатов потребует значительного расширения исследовательских программ в области робототехники в России при одновременном повышении эффективности расходования средств на НИОКР;

2) формирование инженерного и предпринимательского потенциала отрасли, имеющего ключевое значение для ее развития. Важнейшую роль в этом процессе играют вузы, акселераторы и инкубаторы, являющиеся инструментами привлечения, формирования и подготовки команд инженеров, заинтересованных в реализации инновационных проектов в сфере робототехники. С учетом востребованности и международной мобильности подобных специалистов потребуются создать условия, конкурентоспособные по сравнению с ведущими технологическими кластерами мира;

3) создание профильных кластеров, включающих в себя исследовательские лаборатории, центры прототипирования, партнерские заводы для серийного производства продукции, инженеринговые компании и студии промышленного дизайна;

4) организация взаимодействия и кооперации представителей отрасли в рамках профессиональных ассоциаций и экспертных мероприятий;

5) создание механизма координации действий различных ведомств и институтов развития для проведения активной отраслевой политики в сфере робототехники.



Системная поддержка робототехники — вызывающе сложная задача

Среди других востребованных мер государственной поддержки отрасли следует отметить:

- ♦ протекционизм в отношении национальных производителей, включая корректировку таможенных пошлин;
- ♦ поддержку разработчиков через государственный заказ;
- ♦ поддержку экспорта российской робототехники;
- ♦ расширение набора студентов в магистратуру и аспирантуру в профильных областях.

Роль государства является определяющей на ранних этапах разработок. При этом важно концентрироваться лишь на тех сегментах, где рынок самостоятельно не способен создать эффективные механизмы коммерциализации технологий.

Необходимость участия профильных ведомств в развитии наиболее перспективных компаний в режиме «ручного управления» сохранится и в этом сценарии. Причиной тому и значительная доля госсектора в экономике, и пока малая, как показывает мировая практика, привлекательность робототехнических проектов для венчурных инвесторов. Однако основную роль в создании новых рыночных ниш продолжит играть частная инициатива вновь возникающих активных игроков. Излишне активное вмешательство государства может привести не к стимулированию развития робототехники, а к вытеснению из нее частных инвесторов, что окажет негативное влияние на отрасль в среднесрочной перспективе.

Реализация системной поддержки развития робототехники способна обеспечить появление конкурентоспособных на мировом уровне компаний. В перспективе до 2025 года можно ожидать возникновения до десятка национальных производителей сервисных роботов с оборотом свыше 1 млрд рублей в год и высоким экспортным потенциалом.

Успех любой отрасли в значительной степени зависит таланта инженеров и инициативы предпринимателей. Сегодня страны и регионы конкурируют за привлечение людей, способных создавать востребованные высокотехнологичные продукты с высокой добавленной стоимостью. С этой точки зрения ключевое значение для развития робототехники приобретает создание «среды притяжения». «Нужны поколения стартапов и предпринимателей, нужны деньги от выходов, которые будут заново реинвестироваться в эту экосистему. Например, уже не в Кремниевой долине, а в Бостоне вокруг МТИ растет второе поколение робототехнических стартапов, основанных теми, кто до этого заработал на IPO. Это влечет принципиально другое качество среды», – объясняет Валерия Комиссарова, директор по развитию фонда Grishin Robotics.

Популяризация «историй успеха» и примеры удачных «выходов» из инновационных компаний обеспечат интерес не только потенциальных инвесторов и потребителей, но и самих инженеров и будущих предпринимателей, тем самым заложив основы для динамичного устойчивого развития робототехники в России.

Использованные источники

1. A Helping Hand for Europe: The Competitive Outlook for the EU Robotics Industry: [электронный ресурс]. — URL: http://www.eurosfairer.prd.fr/7pc/doc/1290673085_eu_robotics_industry_jrc61539.pdf.
2. A Roadmap for U.S. Robotics: [электронный ресурс]. — URL: <https://robotics-vo.us/sites/default/files/2013%20Robotics%20Roadmap-rs.pdf>.
3. ABB: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.abb.com>.
4. abcNEWS: [электронный ресурс] / [новостной сайт]. — URL: <http://abcnews.go.com/Technology/story?id=5817835>.
5. Adapting and evolving: Global venture capital insights and trends 2014: [электронный ресурс] / Ernst & Young. — URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global_venture_capital_insights_and_trends_2014/\\$FILE/EY_Global_VC_insights_and_trends_report_2014.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global_venture_capital_insights_and_trends_2014/$FILE/EY_Global_VC_insights_and_trends_report_2014.pdf).
6. All About Robots, Robot World 2014. Overview. Why Robot World: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robotworld.or.kr/eng/why-robot-world/>.
7. Animation Museum in Chuncheon: [электронный ресурс]. — URL: http://www.animationmuseum.com/site/museum_eng/page/index.jsp.
8. Army Technology: [электронный ресурс] / [информационный портал]. — URL: <http://www.army-technology.com/projects/dragonrunnerrobots/>.
9. Artificial Intelligence Center: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.ai.sri.com/shakey/>.
10. Automated Driving: Legislative and Regulatory Action: [электронный ресурс] / CIS: Center for Internet and Society. — URL: http://cyberlaw.stanford.edu/wiki/index.php/Automated_Driving:_Legislative_and_Regulatory_Action.
11. Automatics takes up 20% in Tianjin Binhai New Area exceeding developed countries: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robot-china.com/news/201210/11/2421.html>.
12. Automotive Technology Research: [электронный ресурс]. — URL: http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/PDFs/IHS%20_EmergingTechnologies_AutonomousCars.pdf.
13. BCCSiRobot: [электронный ресурс]. — URL: <http://bccsirobot.blogspot.ru/2011/10/irobot-case-study.html>.
14. Bolt.io: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <https://bolt.io/faq>.
15. Business Wire: [электронный ресурс] / [информационный портал]. — URL: <http://www.businesswire.com/news/home/20140427005027/en/12000-Students-Bring-Custom-Built-Robots-Team-Spirit#U-yml1aJoW0>.
16. CapRobotique: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.caprobotique.com>.
17. CB Insights: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.cbinsights.com/blog/drone-robotics-venture-capital>.
18. Chongqing builds industrial park for robotics: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.chinairn.com/news/20131212/113321456.html>.
19. Chongqing Shuangjiang Industrial Park for Robotics broke new ground: [электронный ресурс]. — URL: <http://roll.sohu.com/20130619/n379200957.html>.
20. Chongqing Shuangjiang Shuitu Technology Industrial Development Zone: [электронный ресурс]. — URL: <http://cqstgxy.com/>.
21. Cnet: [электронный ресурс] / [информационный сайт]. — URL: <http://www.cnet.com/news/inside-innconn-foxconn-hardware-startup-incubator/>.
22. CNTV.com: [электронный ресурс] / [новостной сайт]. — URL: <http://english.cntv.cn/2014/05/02/VIDE1399040999207757.shtml>.
23. Community Research and Development Information Service: [электронный ресурс]. — URL: http://cordis.europa.eu/project/rcn/80469_en.html.
24. Cubic Robotics: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://cubicrobotics.ru/>.
25. Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd. (DSME): [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.dsme.co.kr/epub/introduction/introduction0101.do>.
26. DARPA: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2014/03/13.aspx>.
27. Dean B. Space Shuttle Canadarm Robotic Arm Marks 25 Years in Space: [электронный ресурс] / [официальный сайт NASA]. — URL: http://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/behindscenes/rms_anniversary.html (дата обращения: 16.08.2014).
28. DEKA: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.dekaresearch.com/founder.shtml>.
29. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2014 President's Budget Submission: [электронный ресурс]. — URL: <http://asafm.army.mil/Documents/OfficeDocuments/Budget/budgetmaterials/fy14/pforms/opa34.pdf>.
30. Development of Chinese industrial robots — Current Status and Trends: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.docin.com/p-649141739.html>.
31. Draper Laboratory: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.draper.com>.
32. EUREKA: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.eurekanetwork.org/project/-/id/45>.
33. euRobotics. The European Robotics Coordination Action: [электронный ресурс]. — URL: http://www.eurobotics-project.eu/cms/upload/PDF/euRobotics_Deliverable_D.3.2.1_ELS_IssuesInRobotics.pdf.
34. EURON: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.euron.org/resources/otherss>.
35. EUROPE: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://robotics.h2214467.stratoserver.net/cms/index.php?idcat=4>.
36. European Commission, eurostat: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/File:EU_gross_value_added_by_industry,_2001-2011.png.
37. FDA allows marketing of first wearable, motorized device that helps people with certain spinal cord injuries to walk: [электронный ресурс] / [официальный сайт FDA]. — URL: <http://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm402970.htm>.
38. First China's robot carrying out underwater ice investigation: [электронный ресурс]. — URL: http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/200809/t20080911_63841.html.
39. Foreign robotics giant almost take over the Chinese market: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.uggd.com/news/hynews/2014-07-10/252539.html>.
40. Future Strategy for Robots 2013–2022: [электронный ресурс] / Ministry of Knowledge Economy. — 2012. Oct. — URL: <http://mke.go.kr/>.
41. Genibo Robot dog: [электронный ресурс] / [сайт RobotShop]. — URL: <http://www.robotshop.com/en/dasa-robot-genibo-robot-dog.html>.
42. Ghenzer J. Alphabot. Une nouvelle étape de la robotique Russe: Planète Robots. — 2013. — Вып. 20.
43. Gizmodo: [электронный ресурс] / [информационный портал]. — URL: <http://gizmodo.com/5812158/us-senator-calls-robot-projects-wasteful-robots-call-senator-wasteful>.
44. Global and Chinese Automotive Industrial Robotics Industry Report: [электронный ресурс] / PR Newswire. — URL: <http://www.prnewswire.com/news-releases/global-and-chinese-automotive-industrial-robotics-industry-report-249970221.html>.
45. Global Industry Analysts: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.ifr.org>.
46. Globes: [электронный ресурс] / [информационный сайт]. — URL: <http://www.globes.co.il/en/article-1000895768>.
47. Google Lunar X Prize: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.googlelunarprize.org/>.
48. Greenemeier L. Robotic Surgery Opens Up: [электронный ресурс] / Scientific American. — URL: <http://www.scientificamerican.com/article/robotic-surgery-opens-up/?page=2>.
49. Guide Service Robot Jinny // Technology transfer agreement with Hyundai Heavy Industry. — 2003. Dec.
50. Gwacheon National Science Museum: [электронный ресурс]. — URL: http://english.sciencecenter.go.kr/gnsm_en/main/.
51. Highway One: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://highway1.io/?page_id=449.
52. Hopkins N. Britain's military drones spending tops £2bn: [электронный ресурс] / The Guardian. — URL: <http://www.theguardian.com/world/2012/sep/26/drone-spending-britain-tops-2bn>.
53. How foreign robotics giant domain the Chinese market: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robot-china.com/news/201404/01/9027.html>.
54. Исследовательский центр машинной электронной инженерии при Университете Цинхуа: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://ime.me.tsinghua.edu.cn>.
55. Hyundai Mobis: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <https://en.mobis.co.kr/Introduction/Service/RnD>.
56. IEEE Spectrum: [электронный ресурс] / [информационный сайт]. — URL: <http://spectrum.ieee.org>.
57. IIE Western Region News: [электронный ресурс] / [новостной сайт]. — URL: <http://www.iiewest.org/2011/03/kiva-systems-progressive-means-to-order-fulfillment/>.
58. Incubating Success, U.S. Department of Commerce, University of Michigan, 2011: [электронный ресурс]. — URL: http://www.edaincubatortool.org/pdf/Master%20Report_FINALDownloadPDF.pdf.
59. Information blog: [электронный ресурс]. — URL: <http://ebusiness.mit.edu/erik/index.html>.
60. Innovation Policies of South Korea: [электронный ресурс] / [официальный сайт Institute for Defense Analyses (IDA)]. — 2013. Aug. URL: — <https://www.ida.org/~media/Corporate/Files/Publications/STPIpubs/ida-d-4984.ashx>.

61. Institute of Mechatronic Engineering, Tsinghua University: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ecns.cn/2014/02-12/100479.shtml>.
62. International Business Times: [электронный ресурс] / [новостной сайт]. — URL: <http://www.ibtimes.com>.
63. International Robot Contest: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.robotsports.or.kr/en/about.php>.
64. iRobot Corporation: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.irobot.com>.
65. Joint Ground Robotics Enterprise: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/Robotics/Documents/O'Donnell.pdf>.
66. Joint Research Centre: [электронный ресурс]. — URL: <http://is.jrc.ec.europa.eu/pages/ISG/COMPLETE/robotics/documents/SCFv1IndPOLICYInputsVALworkshop29APR2010BRX.pdf>.
67. Kiva Systems: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.kivasystems.com/amazon-press/>.
68. Korea Institute for Robot Industry Advancement: [электронный ресурс]. — URL: — http://www.kiria.org/images/kiria/sub/KIRIA_brochure_eng.pdf.
69. Korean Association of Robot Industry: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.korearobot.or.kr>.
70. Korean Institute for Robot Industry Advancement: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.kiria.org/index.9is>.
71. KUKA LABORATORIES: [электронный ресурс] / [официальный сайт KUKA LABORATORIES]. — URL: http://www.kuka-labs.com/en/service_robotics/lightweight_robotics/.
72. Lemnos: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://lemnoslabs.com/companies>.
73. Lincoln Laboratory: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ll.mit.edu/outreach/ROLL.html>.
74. Liquid Robotics: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://liquidr.com/solutions/defense/mda.html>.
75. LTA, A*STAR agree to collaborate on Autonomous Vehicle research: [электронный ресурс] / Channel NewsAsia. — URL: <http://www.channelnewsasia.com/news/singapore/ta-a-star-agree-to/1332140.html>.
76. Mahlicg J, Pascha W. Korean Science and Technology in an International Perspective // Springer. — 2012.
77. MakeMIT: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://makemit.org/>.
78. Martin-King P. Service robots in figures: [электронный ресурс] / International Electrotechnical Commission. — URL: http://www.iec.ch/etech/2011/etech_0711/tech-1.html.
79. McNamara T. Is Re-Industrialization The Key? : [электронный ресурс] / [сайт Manufacturing.net]. — URL: <http://www.manufacturing.net/blogs/2013/03/is-re-industrialization-the-key>.
80. ModBot: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://modbot.com/>.
81. MyRobot: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.myrobots.com/>.
82. National Institute of Food and Agriculture: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://www.nifa.usda.gov/newsroom/news/2013news/10251_robots.html.
83. National Institute of Health: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.nih.gov/news/health/sep2012/nibib-18.htm>.
84. National Robotics Engineering Center: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.nrec.ri.cmu.edu/projects/cargo/>.
85. National Robotics Initiative: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14500/nsf14500.pdf>.
86. National Science Foundation: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.nsf.gov/awardsearch/>.
87. National Science Foundation: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.nsf.gov/awardsearch/>.
88. National Venture Capital Association: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://www.nvca.org/index.php?option=com_content&view=article&id=344&Itemid=103.
89. Neagle C. Elon Musk: Tesla's driverless car will be street-ready in three years: Tesla raises the stakes with a bold about driverless cars: [электронный ресурс] / Network World. — URL: <http://www.networkworld.com/article/2170054/data-center/elon-musk--tesla-s-driverless-car-will-be-street-ready-in-three-years.html>.
90. Neuron Hackspace: [электронный ресурс]. — URL: <http://neuronspace.ru/wp/participation>.
91. OECD: [электронный ресурс]. — URL: <http://stats.oecd.org/Index.aspx?queryname=430&querytype=view>.
92. Open JAUS LLC: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.openjaus.com/understanding-sae-jaus>.
93. Opening Ceremony of Qingdao International Industrial Park of Robot held today: [электронный ресурс]. — URL: http://news.qingdaonews.com/qingdao/2013-05/15/content_9750757.html.
94. Open-source micro-robotic project: [электронный ресурс] / Jasmine: swarm robot platform. — URL: <http://www.swarmrobot.org/>.
95. Oshkosh: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://oshkoshdefense.com/news/u-s-office-naval-research-continues-cargo-ugv-project-oshkosh-defense/>.
96. Panel Report on International assessment of research and development in robotics: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.wtec.org/robotics/report/screen-robotics-final-report-highres.pdf>.
97. Popular Mechanics: [электронный ресурс] / [информационный сайт]. — URL: <http://www.popularmechanics.com/technology/engineering/robots/2169012>.
98. Power Racing Series: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.powerracingseries.org/rules>.
99. Projects and focuses of Qingdao International Industrial Park of Robot: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.jc35.com/news/detail/24652.html>.
100. PRWeb: [электронный ресурс] / [информационный портал]. — URL: <http://www.prweb.com/releases/2012/3/prweb9241169.htm>.
101. R&D Personnel: [электронный ресурс] / [официальный сайт Министерства образования, науки и технологий Республики Корея]. — URL: http://english.mest.go.kr/web/1750/site/contents/en/en_0241.jsp.
102. RE2: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.resquared.com>.
103. Relan P. 90% Of Incubators And Accelerators Will Fail And That's Just Fine For America And The World: [электронный ресурс] / TechCrunch. — URL: <http://techcrunch.com/2012/10/14/90-of-incubators-and-accelerators-will-fail-and-why-thats-just-fine-for-america-and-the-world/>.
104. Report to Congress Development and Utilization of Robotics and Unmanned Ground Vehicles: [электронный ресурс]. — URL: http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/Robotics/Documents/Content/ContentGroups/Divisions1/Robotics/JGRE_UGV_FY06_Congressional_Report.pdf.
105. Report to the president on ensuring American leadership in advanced manufacturing: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-advanced-manufacturing-june2011.pdf>.
106. Research Manufacturing in China: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.bls.gov/opub/mlr/2011/03/art4full.pdf>.
107. Researchers in R&D (per million people): [электронный ресурс] / [официальный сайт Мирового банка]. — URL: <http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6>.
108. Rethink Robotics: [электронный ресурс] / [официальный сайт Rethink Robotics]. — URL: <http://www.rethinkrobotics.com/products/baxter/how-baxter-is-different/>.
109. Roadmap for US Robotics From Internet to Robotics, 2009: [электронный ресурс]. — URL: <https://robotics-vo.us/sites/default/files/2013%20Robotics%20Roadmap-rs.pdf>.
110. Robo4all: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://robo4all.ru/>.
111. Robocluster: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://robocluster.dk/nyheder.aspx>.
112. RoboCV: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://robocv.ru>.
113. Roboforum: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://roboforum.ru/>.
114. ROBONHOW.CO.G: [электронный ресурс]. — URL: http://cordis.europa.eu/project/rcn/102157_en.html.
115. Robolive — конструирование роботов: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://robolive.ru>.
116. Robot App Store: [электронный ресурс] / [официальный сайт компании RobotsApps]/ — URL: <http://www.robotappstore.com/Pages/About.aspx>.
117. Robot Research Initiative: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://rri.re.kr/activities/activities_01.html.
118. RobotEnomics: [электронный ресурс] / [информационный сайт]. — URL: <http://robotenomics.com/tag/boston-dynamics/>.
119. Robotic ADaptation to Humans Adapting to Robots: [электронный ресурс]. — URL: http://cordis.europa.eu/project/rcn/95581_en.html.
120. Robotic Industries Association: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robotics.org>.
121. Robotic industry faces both challenges and opportunities in Tianjin Binhai New Area: [электронный ресурс]. — URL: <http://tj.zhaoshang.net/2014-03-18/151403.html>.
122. Robotic Industry got supports from Central Government: [электронный ресурс]. — URL: <http://cria.mei.net.cn/news.asp?vid=986>.
123. Robotics 2020. Strategic Research Agenda for Robotics in Europe: [электронный ресурс]. — URL: http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/robotics-ppp-roadmap_en.pdf.

124. Robotics 2020. Стратегическая программа исследование в области робототехники в Европе, 2014–2020: [электронный ресурс]. — URL: http://www.eu-robotics.net/cms/upload/PDF/SRA2020_0v42b_Printable_.pdf.
125. Robotics Business Review: [электронный ресурс] / [информационный сайт]. — URL: http://www.roboticsbusinessreview.com/article/nightmare_in_the_sky_drugs_via_drones
126. Robotics Institute: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://robot.buaa.edu.cn/project/dept7-5-kongjianjiqiren.htm>.
127. Robotland: [электронный ресурс] / [информационный блог]. — URL: <http://robotland.blogspot.ru/2009/10/french-robotics-cluster-cap-robotique.html>.
128. Roomba Robot Vac Gets a Refresh: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2374978,00.asp>.
129. Robotday: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://forum.robotday.ru>, <http://robotday.ru>.
130. Sampson R. False Burglar Alarms: [электронный ресурс] / U.S. Department of Justice; Office of Community Oriented Policing Services. — URL: <http://www.cops.usdoj.gov/pdf/e05021556.pdf>.
131. Science and Engineering Indicators, 2012: [электронный ресурс] / National Science Foundation. — URL: <http://www.nsf.gov/statistics/seind12/pdf/overview.pdf>.
132. Self-driving cars: The next revolution: [электронный ресурс] / KPMG. — URL: <http://www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-next-revolution.pdf>.
133. Shanghai Industrial Park for Robotics: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.shrobotpark.com/yuanqu.html>.
134. Shanghai strongly supports robotic industry, a road to innovation: [электронный ресурс]. — URL: <http://stock.jfinfo.com/news/20140612/00386303.shtml>.
135. SIA SUN: sell robots outside China: [электронный ресурс]. — URL: <http://stock.hexun.com/2012-12-24/149410766.html>.
136. Special Conditions: Boeing Model 777-200, -300, and -300ER Series Airplanes; Aircraft Electronic System Security Protection From Unauthorized Internal Access: [электронный ресурс] / Federal Register: The Daily Journal of the United States Government. — URL: <https://www.federalregister.gov/articles/2013/11/18/2013-27343/special-conditions-boeing-model-777-200--300-and--300er-series-airplanes-aircraft-electronic-system>.
137. Strategic Research Agenda For Robotics in Europe 2014–2020: [электронный ресурс] // SPARC 2. — URL: http://www.eu-robotics.net/cms/upload/PPP/SRA2020_SPARC.pdf.
138. SVrobo: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.svrobo.org/about-us/>.
139. Tech Crunch: [электронный ресурс] / [информационный сайт]. — URL: <http://techcrunch.com/2014/04/30/understory-raises-1-9m-to-deploy-its-network-of-hyper-local-ground-level-weather-stations/>
140. The Autonomous Tour-Guide Robot Jinny / Gunhee K. and other // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2004), Sendai (Japan), Sept. 28 — Oct. 2, 2004.
141. The Competitive Outlook for the EU Robotics Industry: [электронный ресурс]. — URL: http://www.eurosfair.pr.fr/7pc/doc/1290673085_eu_robotics_industry_jrc61539.pdf.
142. The Forbes: [электронный ресурс] / [новостной сайт]. — URL: http://www.forbes.com/forbes/2009/0316/040_bot_time_saves_nine.html.
143. The Massachusetts Robotics Cluster: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.isc.hbs.edu/resources/courses/moc-course-at-harvard/Documents/pdf/student-projects/Final%20Report%20The%20Massachusetts%20Robotics%20Cluster.pdf>.
144. The Massachusetts robotics revolution: inspiring innovation, driving growth and competitiveness in leading industries: [электронный ресурс]. — URL: http://cymcdn.com/sites/www.masstlc.org/resource/resmgr/annual_reports/masstlc_robotics_final_web.pdf.
145. The real facts about Korean kindergarden teaching robots: [электронный ресурс] / The Everything-Robotic by The Robot Report. — URL: <http://www.everything-robotic.com/2011/03/real-facts-about-korean-kindergarten.html>.
146. The Seventh Technology Foresight: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep071e/idx071e.html>.
147. The state of our enterprise: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.dtic.mil/ndia/2011grcce/Maline.pdf>.
148. The Wall Street Journal: [электронный ресурс]. — URL: <http://online.wsj.com/articles/index-ventures-raises-543-million-for-new-fund-1402402180>.
149. The World Robotics Market. Innorobo, 2014: [электронный ресурс]. — URL: http://www.innorobo.com/images/images-articles/Presentation_CS_GB_LD_Innorobo2014_confresse_17122013.pdf.
150. Tianjin Binhai New Area welcomed intelligent equipment industrial park: [электронный ресурс]. — URL: http://www.tj.gov.cn/zjtj/tjjj/gjyj/201407/t20140709_241725.htm.
151. Time: [электронный ресурс]. — URL: <http://nation.time.com/2012/02/29/the-nearly-1-million-a-year-soldier/>.
152. Trends in the Market for the Robot Industry in 2012: [электронный ресурс]. — URL: http://www.meti.go.jp/english/press/2013/pdf/0718_01.pdf.
153. Unisrobo: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.uurobot.com/>.
154. Universal Robots, official website: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.universal-robots.com>.
155. Unmanned Systems Integrated Roadmap. FY2013–2038: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.defense.gov/pubs/DOD-USRM-2013.pdf>.
156. UTARI on the Robotics Technology Consortium: [электронный ресурс]. — URL: http://www.uta.edu/utari_downloads/seminars/rtc-slides.pdf.
157. VentureBeat — a leading source for news and perspective on technology innovation: [электронный ресурс]. — URL: <http://venturebeat.com>.
158. Waterman S. Drones over U.S. get OK by Congress: [электронный ресурс] / The Washington Times. — URL: <http://www.washingtontimes.com/news/2012/feb/7/coming-to-a-sky-near-you/>.
159. WebEx: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.webex.com/webinars/ugc/Wireless-Robot-Control-System-Using-ZedBoard-Chilipepper-and-iRobot>.
160. World Bank: [электронный ресурс]. — URL: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD>.
161. World Robotics 2013: [отчет]: [электронный ресурс]. — URL: http://www.worldrobotics.org/uploads/media/Executive_Summary_WR_2013.pdf.
162. www.alexacom.
163. www.fastcompany.com/3025722/will-you-ever-be-able-to-afford-a-self-driving-car.
164. Александрова О.В. Анализ состояния рынка транспортно-логистических услуг России: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/pdf/3600.pdf>.
165. Армия может получить первые малые отечественные БПЛА в 2013 году: [электронный ресурс]. — URL: http://ria.ru/defense_safety/20121009/769887466.html#1351124178052&message=resize&relto=register&action=addClass&value=registration.
166. Баршев В. Когда руль не нужен: [электронный ресурс] / / RG.RU. Российская Газета. — URL: <http://www.rg.ru/2014/05/29/google-auto.html>.
167. Белянин П.Н. Промышленная робототехника. — М.: Машиностроение, 1975.
168. Будь мобильным: [электронный ресурс]. — URL: http://yamobi.ru/posts/Fly_yishel_na_pervoe_mesto_ro_prodamam_v_rossii.html.
169. Веденева Н. Московские ученые содали робота-друга: [электронный ресурс] / S&TRF: наука и технологии РФ. — URL: http://strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=54374.
170. Владимир Белый — разработчик проекта AlphaBot на Robotics Expo 2013: [электронный ресурс]. — URL: <http://2013.robot-ex.ru/newscontent/vladimir-belyy-razrabotchik-proekta-alpha-bot-na-robotics-expo-2013>.
171. Военная и специальная робототехника для России: Обзор производителей роботов и их продукции. Ч. 1. Роботы специального назначения: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.sa100.ru/robots2/manufacturer/Russia/Obzor/RusMan1.htm>.
172. Военная и специальная робототехника для России: Обзор производителей роботов и их продукции. Ч. 2. Роботы военного назначения: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.sa100.ru/robots2/manufacturer/Russia/Obzor/RusMan2.htm>.
173. Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.volgau.com/кафедра-механика#2852>.
174. Волгоградский государственный технический университет: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.vstu.ru/kafedry/tem/nauchnye-napravleniya.html>.
175. Воронина Ю. Домашний терминатор: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.rg.ru/2014/06/17/roboti.html>.
176. Восканян Е. Разработка отечественного робота для хирургии займет четыре года: [электронный ресурс]. — URL: http://www.medvestnik.ru/news/razrabotka_otechestvennogo_robota_dlya_hirurgii_zaymet_chetyre_goda/.
177. Вузы по специальности «Мехатроника и робототехника»: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.uche.ru/vuz/spec-55316?o=rate&d=desc>.
178. Грамматчиков А. Импортозамещение в ИТ: утопия или реальность? //Эксперт. — 2014. — 15 сент. — № 38 (915).

179. Гуанчжоу Вэй-Фу: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://gzwave.cn.china.cn/>.
180. Добрынина Е. Россияне осознают вред виртуальной игромании: [электронный ресурс] / RG.RU. Российская Газета. — URL: <http://www.rg.ru/2013/07/17/igromaniya-site.html>.
181. Долгова М.В. Рынки наукоемких и высокотехнологичных отраслей // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 8.
182. Зубарева И. Облетая авиацию // Российская бизнес-газета: Промышленное обозрение. — 2014. — 1 апр.
183. Зыкова Т. Терминатор на гражданке // Российская газета. — 2014. — 29 июля.
184. Институт автоматки и процессов управления ДВО РАН. Лаборатория робототехнических систем: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.iacp.dvo.ru/russian/structure/subdiv/rs.html>.
185. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.keldysh.ru/Research/research-fr.html>.
186. Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН. Лаборатория механики управляемых систем: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ipmnet.ru/lab02.html>.
187. Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН. Лаборатория робототехники и мехатроники: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ipmnet.ru/lab03.htm>.
188. Институт проблем точной механики и управления РАН (Саратов): [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ipmcras.narod.ru/lab-4.html>.
189. Интервью с основателем RobotShop Марио Трембле: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.abry.biz/interview-robotshop-mario-tremblay-363>.
190. Информационный блог Пола Грэма: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.paulgraham.com/start.html>.
191. Информационный робототехнический портал: [электронный ресурс]. — URL: www.hizook.com.
192. Информационный сайт Felds Thoughts <http://www.feld.com/archives/2013/05/bolt-making-hardware-easier.html>.
193. История создания проекта: [электронный ресурс] / [официальный сайт «ЭкзоАтлет»]. — URL: <http://www.exoatlet.ru/#!ourstory/cw10>.
194. Как мы улетели и с трудом вернулись: подробный отчет о нашем участии в соревнованиях летающих роботов компании КРОК: [электронный ресурс] / сайт robodem.com «Дом смысленных роботов». — URL: <http://robodem.com/blog/kak-my-uleteli-i-s-trudom-vernulis-podrobnyy-otchet-o-nashem-uchastii-v-sorevnovaniyah>.
195. КБ «Аврора»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.kb-avrora.ru>.
196. Лозырев Ю.Г. Промышленные роботы. — М.: Машиностроение, 1988.
197. Коломыченко М. «Дочка» РОСНАНО и «Т-Платформ» вложила деньги в производителя игрушек-роботов: [электронный ресурс]. — URL: http://www.cnews.ru/top/2014/03/04/dochka_rosnano_i_tplatform_vlozhila_dengi_v_proizvoditelya_igrushekrobotov_563062.
198. Колосов Д.Г. Робототехника в школе: [электронный ресурс]. — URL: http://koposov.info/?page_id=4.
199. Крылатая противокорабельная ракета П-700 Гранит (3М-45): [электронный ресурс]. — URL: <http://rbase.new-factoria.ru/missile/wobb/granit/granit.shtml>.
200. Лига роботов: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://ligarobotov.ru/>.
201. Литовкин Д. России обещано беспилотное будущее: [электронный ресурс]. — URL: <http://izvestia.ru/news/332910>.
202. Логистика в России: новые пути развития потенциала: [электронный ресурс] / Волков М. и др.; The Boston Consulting Group; Торгово-промышленная палата Российской Федерации. — 2014. — URL: <http://www.tpprf.ru/download.php?GET=6LPAY/81BmyrVfeEcApOPQ==>.
203. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://hoster.bmstu.ru/~sm7/>.
204. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Научно-учебный центр «Робототехника»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.robot.bmstu.ru/>.
205. МГТУ МИРЭА: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <https://www.mirea.ru/science/priority-directions/intelligent-control-of-complex-dynamic-objects/>.
206. Медовников Д., Механик А. Производительные силы, подъем!: [электронный ресурс]. — URL: http://expert.ru/expert/2014/27/proizvoditelnyie-silyi-pod_emi/.
207. Министерство обороны США: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://comptroller.defense.gov/budgetmaterials/budget2015.aspx>.
208. Минпромторг: Прогнозы российских экспертов робототехники: [электронный ресурс]. — URL: http://www.csr-nw.ru/upload/file_category_1365.pdf.
209. Мой робот: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://myrobot.ru/>.
210. Московский государственный индустриальный университет: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.msiu.ru>.
211. Мудрац А. В России создана лаборатория боевой робототехники: [электронный ресурс]. — URL: <http://itar-tass.com/politika/1226618>.
212. Мухин В. Минобороны вступает в кибервойну // Независимая газета. — 2013. — 1 авг.
213. Мы будем делать ЦМИТ. Опыт создания, перспективы: [электронный ресурс]. — URL: <http://habrahabr.ru/post/207466/>.
214. Научно-производственная фирма «Орто-Космос»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.orto-kosmos.ru/>.
215. Научно-учебный центр «Робототехника» МГТУ им. Н.Э. Баумана: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.robot.bmstu.ru/index.php?c=1>.
216. Национальные счета: [электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики: [официальный сайт]. — URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/.
217. НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.msurobot.com/>.
218. Новый российский робот — аналог «Да Винчи»: [электронный ресурс]. — URL: <http://uroweb.ru/news/12350.html>.
219. Носкова Е. Ближе к деньгам: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.rg.ru/2014/01/28/kreditovanie.html>.
220. Носкова Е. Будущее за диагностикой: [электронный ресурс] / RG.RU. Российская Газета. — URL: <http://www.rg.ru/2013/01/29/budushee.html>.
221. НПО «Андрюидная техника»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://npo-at.com/>.
222. Объем и структура российского рынка транспортно-логистических услуг: [электронный ресурс] / РБК. — URL: http://marketing.rbc.ru/reviews/transport2013/chapter_1.shtml.
223. ОКБ специальной робототехники: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.sm.bmstu.ru/rism/dep2.html>.
224. ООО «Башкирская машино-испытательная станция»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: www.bashmis.ru.
225. ООО «Волжский машиностроительный завод»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://www.vmtlt.ru/index.php?page=history-2_&hl=ru_RU.
226. ООО «Кибертех»: [электронный ресурс]. — URL: <http://dvcps.ru/?p=929>.
227. ООО «РБОКОН»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: www.rbokon.ru.
228. Петрова И. Трехмерный бизнес: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.mk.ru/economics/article/2013/11/24/949853-trehmernyy-biznes.html>.
229. Петрова Ю. Железная няня: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.kommersant.ru/doc/2524756>.
230. Платформа RoboNED: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.roboned.nl/sites/roboned.nl/files/RoboNED%20Roadmap.pdf>.
231. Подпрограмма «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна» государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»: [электронный ресурс] / Минпромторг России. — 2013. — URL: http://www.vuzpromexpo.ru/images/vpx_data/presentation/1_Present_Eengeen.pdf.
232. Правительство США: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.sbir.gov>.
233. Про робот.ру: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.prorobot.ru/>.
234. Прогнозы российских экспертов робототехники начали сбываться: [электронный ресурс]. — URL: http://www.csr-nw.ru/upload/file_category_1365.pdf.
235. Проект «Робот-Эра»: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robot-era.eu/robotera/index.php>.
236. Проект RADHAR: [электронный ресурс]. — URL: <https://www.radhar.eu/>.
237. Проект Robofoot: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robofoot.eu/>.
238. Проект Robohow: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robohow.eu/project/evaluation-scenarios>.
239. Промышленные роботы / под ред. Я.И. Шифрина. — М.: Машиностроение, 1982.
240. Протезно-ортопедический центр ООО «РИН»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.center-rin.ru/>.
241. Разработка управляющих программ промышленных роботов: [электронный ресурс] / Климчик А.С., Гомолицкий Р.И., Фурман Ф.В., Семкин К.И. — URL: http://www.bsuir.by/m/12_113415_1_70397.pdf.

242. Робот СТР-1: [электронный ресурс]. — URL: <http://chornobyl.in.ua/robot-str.html>.
243. Робототехника в России. Реалии и перспективы: [электронный ресурс]. — URL: <http://habrahabr.ru/sandbox/79741/>.
244. Робототехника. Инженерно-технические кадры инновационной России: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.russianrobotics.ru/about/info/>.
245. Роботы-хирурги: инновационное будущее российской медицины: [электронный ресурс]. — URL: <http://pressria.ru/pressclub/20140603/949286799.html>.
246. Ромахина М. История советской робототехники: [электронный ресурс]. — URL: <http://statehistory.ru/4498/Istoriya-sovetskoj-robototekhniki/>.
247. Российская ассоциация образовательной робототехники: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://raor.ru/>.
248. Российский научный фонд: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://grant.rscf.ru/searchproj#>.
249. Российский рынок медицинского оборудования и изделий медицинского назначения: презентация: [электронный ресурс] / Группа компаний «Бюро». — URL: http://www.medprom2020.ru/userfiles/files/ob_stat.pdf.
250. Россия и Израиль договорились о сборке беспилотников: [электронный ресурс]. — URL: http://www.bbc.co.uk/russian/russia/2010/10/101013_russia_israel_drone_contract.shtml.
251. Русская служба BBC: ежедн. интернет-изд.: [электронный ресурс]. — URL: http://www.bbc.co.uk/russian/rolling_news/2010/04/100407_rn_drones_five_bln_russia.shtml.
252. Самарский государственный аэрокосмический университет: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://oi.ssau.ru/>.
253. Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН. Лаборатория информационных технологий в управлении и робототехнике: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.spiiras.nw.ru/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=119>.
254. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ifmo.ru/>.
255. СКБ W.E.A.S. — Water, Earth, Air & Space: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://weas-robotics.ru/>.
256. Смирнов Т. Мировая статистика: продажи роботов (Россия на дне списка): [электронный ресурс]. — URL: <http://www.robotforum.ru/novosti-technologij/svezhaya-statistika-mirovye-prodazhi-robotov.html>.
257. Совецание по выполнению государственной программы вооружения в области авиационной техники: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.kremlin.ru/news/15646>.
258. Специальное конструкторско-технологическое бюро прикладной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.sm.bmstu.ru/sktb.htm>.
259. Средневзвешенные процентные ставки по кредитам, предоставленным кредитными организациями нефинансовым организациям в рублях: [электронный ресурс]. — URL: http://www.cbr.ru/statistics/print.aspx?file=b_sector/rates_cr-no-r_14.htm&pid=procstavnew&sid=ITM_60399.
260. Стасевич К. Биомеханическая рука обрела чувствительность: [электронный ресурс] / Компьюлента. — URL: <http://compulenta.computerra.ru/chelovek/meditsina/10011318/>.
261. Степанов В.П., Платонов А.К. Шаг на пути к возрождению робототехники в России: [электронный ресурс] // Искусственный интеллект — проблемы и перспективы. Политехнические чтения. — Вып. 7. — М., 2006. — URL: <http://posp.raai.org/data/posp2005/SIR/Stepanov/Stepanov.html>.
262. Струговец Д. INDOOR-навигация, как вариант монетизации ГЛОНАСС: [электронный ресурс] / Вестник ГЛОНАСС: межотраслевой журнал навигационных технологий. — URL: http://vestnik-glonass.ru/stati/indoor_navigatsiya_kak_variant_monetizatsii_glonass/.
263. Студенты НИУ ИТМО одержали победу на международном турнире по робототехнике: [электронный ресурс] / Северная звезда: информ. агентство. — URL: http://www.nstar-spb.ru/news/universities_petersburg/new37485/.
264. Телетанки СССР Второй мировой: [электронный ресурс] / Военное обозрение: ежедн. интернет-изд. — URL: <http://topwar.ru/2181-teletanki-sssr-vo-2-j-mirovoj.html>.
265. Технологический институт Южного федерального университета (Таганрог): [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <https://sites.google.com/site/toetgnsgeduru/naucno-issledovatelkskaa-rabota-i-naucnye-napravlenia>.
266. Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.issa.ru/tmvd/>.
267. ТОЙТЕМИК Инвеншенс: [электронный ресурс]. — URL: <http://community.sk.ru/net/1110157/>.
268. Ту-123 Ястреб: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.airwar.ru/enc/spy/tu123.html>.
269. Университет Карнеги — Меллона: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://www.ri.cmu.edu/ri_static_content.html?menu_id=232.
270. Уфимский государственный авиационный технический университет: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ugatu.su/problem-upravleniya-sistemnogo-analiza-robototekniki-i-mexatroniki.html>.
271. Федотовских А. Интегрированные маркетинговые коммуникации бытовой робототехники, или Как продать лучшего друга: [электронный ресурс]. — URL: <http://r-lib.ru/2013/09/1008>.
272. Хакспейс Клуб: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://vk.com/minirobot>.
273. Центр разработки робототехнических систем Государственного инженерингового центра МГТУ «Станкин»: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.stankin.ru/gic/centers/center-of-the-development-of-the-robotic-systems/>.
274. Центр робототехники Boteon: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://boteon.ru>.
275. Центры молодежного инновационного творчества, созданные по модели Fab lab: [электронный ресурс] / Кузнецов В., Парфенова А., О'Коннор Т., Костинский А. — URL: http://www.rusventure.ru/upload/news/FabLab_Recomendation_1.10.pdf.
276. Центры молодежного инновационного творчества: [электронный ресурс]. — URL: <http://www.innoterra.ru/node/6661>.
277. ЦМИТ. Опыт создания, перспективы: [электронный ресурс] / LIVEJOURNAL. — URL: <http://topof.livejournal.com/490176.html>.
278. ЧАЭС: Робот и робототехника на ликвидации аварии: [электронный ресурс]. — URL: <http://chornobyl.in.ua/robot.html>.
279. Школа робототехники: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://robotoschool.ucoz.ru/index/robototekhnika_dlja_vsekh/0-5.
280. Шустиков В. Робототехникам из России нужна экосистема: [электронный ресурс]. — URL: <http://community.sk.ru/news/b/press/archive/2014/03/20/robototekhnika-iz-rossii-nuzhna-ekosistema.aspx>.
281. Эфендиева М. Они делают роботов: первое собрание робототехнического клуба прошло в «Сколково»: [электронный ресурс]. — URL: <http://community.sk.ru/news/b/articles/archive/2013/12/22/oni-delayut-robotov-pervoe-sobranie-robototekhnicheskogo-kлубa-proshlo-v-skolkovo.aspx>.
282. Юго-Западный государственный университет. Кафедра теоретической механики и мехатроники: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: http://mechatronics.kursk.ru/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=31&Itemid=101.
283. Южный федеральный университет. Кафедра синергетики и процессов управления: [электронный ресурс] / [официальный сайт]. — URL: <http://www.ccsd.sure.ru/scientific>.
284. Юферев С. Россия поворачивается лицом к робототехнике: [электронный ресурс]. — URL: <http://topwar.ru/index.php?newsid=42448>.