

Обзорные материалы экспертов ГНЦ РФ "Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики" (ГНЦ РФ ЦНИИ РТК) о перспективах развития робототехники.

ГНЦ РФ ЦНИИ РТК является одним из крупнейших исследовательских центров России, и в январе 2018 года исполняется 50 лет с момента его создания. ГНЦ РФ ЦНИИ РТК обладает развитой научно-исследовательской и конструкторско-технологической базой, уникальными испытательными стендами, опытным производством и осуществляет выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, услуг в области создания и производства средств технической кибернетики и робототехники космического, воздушного, наземного и морского базирования.

УДК 001.18:004.896:621.865.8

DOI: 10.17587/mau.18.612-615

А. В. Лопота, д-р техн. наук, директор-главный конструктор, alopota@rtc.ru,

Б. А. Спасский, канд. техн. наук, нач. сектора, bors@rtc.ru,

ГНЦ РФ "Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики" (ГНЦ РФ ЦНИИ РТК), Санкт-Петербург

Робототехника. Взгляд в будущее

Статья посвящена основным направлениям развития робототехники. Отмечается, что в области сервисных роботов для профессионального использования основные усилия будут направлены на проведение исследований и разработок в области транспорта, обороны и безопасности, работ в экстремальных условиях под водой и в высокорadioактивных средах, при этом ключевым элементом повышения эффективности беспилотных систем станет повышение уровня их автономности. Особое внимание будет уделяться созданию биоподобных технических устройств для разработки "мягких роботов" и биосовместимых манипуляторов и обеспечению эффективного взаимодействия человека и робота.

Ключевые слова: робототехника, развитие робототехники, промышленный робот, сервисный робот, технологии робототехники, автономное транспортное средство, взаимодействие человека и робота

Во всех передовых странах развитие робототехники осуществляется под государственным контролем. Правительства определяют стратегические цели этого развития, формируют структуры для их реализации и программы работ с государственным и частным финансированием, при этом государство выступает в роли координатора, в то время как основной объем финансирования поступает со стороны бизнеса [1]. В настоящее время в гражданском секторе подавляющее большинство роботов приходится на долю промышленных образцов, без развития и увеличения парка которых невозможно дальнейшее повышение эффективности производства. В 2016 году по различным оценкам в мире было введено в строй порядка 290 000 единиц промышленных роботов, примерно 65 % из которых приходится на Азию и Австралию, а в 2019 году в мире прогнозируется установка уже более 400 000 новых промышленных роботов [2]. Однако с уверенностью можно сказать, что основная доля гражданского

применения роботов вскоре сместится в область бытового обслуживания населения. Мощным стимулом для этого становится сложившаяся в ряде промышленно развитых стран демографическая ситуация — старение населения [1]. Уже сегодня можно говорить о роботах-компаньонах и роботах-сиделках, которые могут следить за состоянием здоровья подопечного, давать лекарство, вызывать помощь в опасных ситуациях, оказывать бытовые услуги и скрашивать одиночество чтением, беседой или игрой. И если в 2016 году таких роботов было продано порядка 5000 единиц, то в период с 2017 по 2019 год прогнозируется продажа уже 32 000 единиц [3, с. 24]. В качестве интересного примера можно привести говорящего робота Ки-робо, который выполнял роль компаньона японского астронавта Коити Ваката во время его полета на борту международной космической станции в 2013—2014 годах. Этот маленький человекоподобный робот умел распознавать лица, голоса, жесты

и речь, автоматически обрабатывать естественный язык и с помощью голосового синтезатора речи общаться по-японски [4].

Что касается сервисных роботов для профессионального использования, то и здесь прогнозируется значительный рост их продаж. За четыре года — (с 2016 по 2019) планируется выпустить более 330 000 таких роботов общей стоимостью более 23 миллиардов долларов. Серьезные усилия будут направлены на проведение исследований и разработок в области транспорта, обороны и безопасности, работ в экстремальных условиях под водой и в высокочастотных средах. Так, в 2016—2019 годах в мире планируется выпустить более 75 000 роботов для обеспечения обороны и безопасности, потратив на них более 3,5 миллиарда долларов [3, с. 20]. Среди них будут роботы-пожарные, роботы для ликвидации последствий природных и техногенных катастроф, проведения поисковых и спасательных операций, обезвреживания самодельных взрывных устройств. Основными задачами таких роботов являются разведка, поиск пострадавших, охрана, инспекция и контроль доступа к стратегически важным объектам, патрулирование зданий и территорий, эвакуация или ликвидация на месте опасных предметов. Эти роботы во многом схожи с военными роботами для осуществления разведки и гуманитарного разминирования. Ранее большая часть финансирования военной робототехники направлялась на разработку беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а теперь — преимущественно в их серийное производство. Только США в 2017 году планируют потратить на эти цели более 4,6 миллиарда долларов. БПЛА стали настолько обычным явлением, что некоторые специалисты говорят о возможной замене в не слишком отдаленном будущем боевых самолетов на БПЛА [5]. В отличие от БПЛА большинство наземных мобильных роботов еще не выпускаются большими сериями. Разработка сухопутных роботов военного назначения оказалась в значительной степени более сложной, чем разработка БПЛА, поскольку наземные роботы должны функционировать в неструктурированных средах с препятствиями. Несмотря на большой успех использования мобильных роботов для борьбы со взрывными устройствами в Ираке и Афганистане, эти системы базируются на относительно низком уровне технологий, поскольку все они, как правило, являются дистанционно управляемыми машинами. Поэтому в ближайшие годы ожидается, что усилия разработчиков будут направлены на создание и интеграцию новых технологий для роботов наземного базирования. Планируется увеличение финансирования также разработок безэкипажных систем морского базирования. Ключевым элементом по-

вышения эффективности современных беспилотных систем станет повышение уровня их автономности. Высокий уровень автономности системы позволит ей адаптироваться к изменению миссии в процессе ее выполнения, например, при постановке новых целей и задач, поступлении дополнительной информации, изменении погодных условий или ухудшении рабочих характеристик транспортного средства и т. д. [6].

Одной из перспективных задач робототехники является проблема коллективного поведения роботов. Особо сложный вариант такого коллективного поведения — взаимодействие роботов различного базирования: наземных или сухопутных мобильных роботов, БПЛА, безэкипажных кораблей или безэкипажных катеров (БЭК) и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). Целесообразность применения гетерогенных групп роботов вытекает из задач, связанных с высокорискованными поисковыми, спасательными работами и операциями по предотвращению аварийных ситуаций или ликвидацией последствий природных и техногенных катастроф. Например, группа, состоящая из БПЛА и наземных мобильных роботов, хорошо подходит для поисково-спасательных работ в условиях городской среды или для выполнения задачи обследования подземных шахт в аварийной ситуации перед направлением туда горноспасателей. Беспилотные системы выполняют работу по картографированию сети туннелей и получению изображений потолков и стен. При этом наземное транспортное средство может выступать в качестве носителя и базы для дозаправки и пополнения запасов летательного аппарата, что позволяет существенно увеличить время автономного функционирования группы. Использование групп воздушных и наземных роботов также является весьма перспективным для обнаружения, локализации и тушения пожаров.

Найдется работа и для групп роботов, включающих беспилотные аппараты воздушного и морского (надводного или подводного) базирования. Задачами таких групп станет обеспечение безопасности портов, обслуживание их инфраструктуры и реагирование на чрезвычайные ситуации. Актуальна и задача поиска и эвакуации объектов, плавающих на поверхности моря. К задачам, которые предстоит совместно решать АНПА и БПЛА, можно отнести отслеживание в режиме реального времени нефтяных загрязнений, измерение температурных градиентов, распространение вредоносных цветущих водорослей, поиск мин и многие другие [7].

Все больше роботов будет использоваться и в сельском хозяйстве. Широкое распространение получили доильные роботы, которых только в 2016 году было выпущено около 6000 единиц. Разрабатываются и внедряются роботы для автоматического

выпаса скота, обработки земли на поле и в тепличных хозяйствах, высадки рассады, сбора и сортировки урожая [3, с. 20].

Говоря о будущем робототехники, нельзя обойти вниманием космические роботы. К категории космических роботов относят три основных типа космических аппаратов: сервисные космические аппараты (орбитальные роботы-манипуляторы), роботы-помощники космонавта и напланетные роботы (роверы). В обозримой перспективе человек будет осваивать ближний космос в тесной связке с автоматами, которые будут решать задачи обслуживания и ремонта спутников, мониторинга и контроля геофизической активности, природных и техногенных катастроф. Роботы будут бороться с засоренностью околоземного космического пространства остатками техногенной деятельности человека, а также станут элементом защиты Земли от кометно-астероидной опасности. Дальний же космос еще долгие годы будет оставаться сферой деятельности автоматических межпланетных станций. И на Луну сначала вернутся автоматы и роботы, подготавливая плацдарм для будущих полетов человека. Поверхность нашего естественного спутника станет испытательным полигоном для технических средств, которые люди будут использовать для освоения других планетарных систем. Да и тогда, когда мы достигнем технологического уровня, достаточного для организации межпланетных экспедиций, к другим планетам человек направится не в одиночку, а вместе с роботами [8].

Важной задачей является обеспечение коммуникации человека и робота. При обмене информацией человек передает роботу команды управления, а робот передает информацию о состоянии собственных систем, своем относительном и абсолютном положении в пространстве, ходе выполнения задачи. Уровень обмена информацией должен соответствовать режиму управления и, соответственно, уровню автономности робота. Параллельно с разработкой новых автономных и полуавтономных мобильных робототехнических систем различного назначения будут разрабатываться новые технологии создания интерфейсов связи человека с роботом. В недалеком будущем взаимодействие человека и робота преодолеет технический подход, когда сначала проектируется робот, а затем разрабатывается интерфейс связи с оператором [9]. Интерфейсы будут разрабатываться параллельно с роботом, обеспечивая адаптивное изменение уровней автономности в зависимости от выполняемой подзадачи, они станут простыми и интуитивно понятными, не перегруженными избыточными функциями. И тогда роботами смогут управлять не только хорошо подготовленные и тренированные операторы, а самые обычные люди, простые поль-

зователи. Распространенными способами передачи информации станут жестикоуляционная коммуникация и речевые технологии, а операторы профессиональных сервисных роботов в зависимости от обстановки будут действовать как наблюдатели, контролеры или супервайзоры.

В последние годы научный мир робототехники уделяет особое внимание исследованию биологических процессов и созданию биоподобных технических устройств. Исследуются естественные механизмы движения, и эта информация используется для разработки нового поколения роботов — "мягких роботов". Вместо традиционных жестких структур используются нетравматичные мягкие, податливые органические структуры, материалы и поверхности. Потребность в мягких, гибких и ловких биосовместимых манипуляторах для обработки биологических объектов, таких как ткани и отдельные клетки, существует и в области цитологии, биомедицины и малоинвазивной хирургии [10]. Кстати, из 23 миллиардов долларов, которые будут потрачены в 2016—2019 годах на приобретение сервисных роботов, более 7 миллиардов будет израсходовано на медицинские роботы.

Чем ближе становится робот к человеку, чем теснее их взаимодействие, тем большую остроту приобретают этические, правовые и социальные аспекты внедрения роботов в жизнь нашего общества. Это тоже проблема, которую придется решать уже в ближайшие годы.

Быстрому развитию робототехники способствует развитие информационных и коммуникационных технологий, электроники, биотехнологий и нанотехнологий. Разработки в области квантовых вычислений и нанотехнологий выльются в качественное улучшение робототехнических систем, дистанционно управляемых машин и автономных роботов [11]. Будут широко применяться доступные на коммерческом рынке относительно недорогие технологии получения изображений высокого разрешения, передачи и отображения информации, а также глобальные системы позиционирования. И все это произойдет уже в самом ближайшем будущем.

Список литературы

1. **Спасский Б. А.** Зарубежные программы развития робототехники // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 1 (6). С. 6—11.
2. **World Robotics.** Industrial Robots 2016 // International Federation of Robotics (IFR) Statistical Department. С. 17—18.
3. **World Robotics.** Service Robots 2016 // International Federation of Robotics (IFR) Statistical Department.
4. **Kirobo Project Report** // Kibo Robo Project. URL: <http://kibo-robot.jp/en/report> (дата обращения: 29.05.2017).
5. **John Gordon IV** et. al. Comparing U. S. Army Systems with Foreign Counterparts. RAND Corporation Research Report 2015. URL: http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR716.html (дата обращения: 29.05.2017)
6. **Климов Р. С., Лопота А. В., Спасский Б. А.** Тенденции развития наземных робототехнических систем военного назна-

чения // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 3 (8). С. 3—10.

7. **Спасский Б. А.** Совместное применение беспилотных аппаратов различного базирования. Обзор состояния развития // Робототехника и техническая кибернетика. 2016. № 2 (11). С. 8—19.

8. **Виноградов П. В., Железняков А. Б., Спасский Б. А.** Некоторые направления развития космической робототехники // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 4 (9). С. 3—12.

9. **Спасский Б. А.** Обзор современных интерфейсных систем операторов мобильных наземных роботов // Робототехника и техническая кибернетика. 2016. № 4 (13). С. 21—31.

10. **Khalidi A.** Soft, flexible micromanipulators comprising polypyrrole trilayer microactuators // *Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) 2015*. URL: <http://spie.org/Publications/Proceedings/Volume/9430> (дата обращения: 29.05.2017).

11. **U. S. Navy** Information Dominance Roadmap, 2013—2028. *Public Intelligence*. URL: <https://publicintelligence.net/usnavy-information-dominance/> (дата обращения: 29.05.2017).

Robotics. A View of the Future

A. V. Lopota, alopota@rtc.ru, **B. A. Spassky**, bors@rtc.ru✉,
Russian State Scientific Center for Robotics and Technical Cybernetics,
St. Petersburg, 194064, Russian Federation

Corresponding author: **Spassky Boris A.**, Ph. D., Russian State Scientific Center for Robotics and Technical Cybernetics, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, e-mail: bors@rtc.ru

Received on May 29, 2017

Accepted on June 08, 2017

The paper is devoted to the main trends in development of robotics. Its authors point out that in the next decade most of the civilian applications of robots will shift to the sphere of the consumer services. As far as the service robots for professional uses are concerned, considerable efforts will be concentrated on research and development in the field of transport, defense and security, in the extreme conditions of operation in the submersed and highly radioactive environments. The robots will clean the near-Earth space of the remains of the technological activities and will also become a part of the planetary defense against comets and asteroids. It is expected that the efforts of the developers will be aimed at creation and integration of new technologies for the ground-based and sea-based robots. Cooperative behavior and control of the heterogeneous groups of robots will be a challenging task for scientists. Particular attention will be paid to development of biosimilar technical devices, "soft" robots and biocompatible manipulators. The main tasks of the ground-based robots still are reconnaissance, search for people injured in the hard-to-reach areas, security, inspection and provision of access to the strategically important facilities, patrolling of buildings and territories, evacuation or on-site elimination of hazards. At that, a key element for improvement of the unmanned systems' efficiency will be their higher level of autonomy. The authors note that an important task of the robotics is to ensure an effective communication between humans and robots. The prevailing methods of communication will be gesticulation and speech technologies. A widespread introduction of robots will inevitably raise the question of the legal and social aspects of the human-robot interaction.

Keywords: robotics, development of robotics, industrial robot, service robot, robotic technologies, autonomous vehicle, human-robot interaction

For citation:

Lopota A. V., Spassky B. A. Robotics. A View of the Future, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2017, vol. 18, no. 9, pp. 612—615.

DOI: 10.17587/mau.18.612-615

References

1. **Spassky B. A.** Zarubezhnye programmy razvitiya robototekhniki (Foreign robotics roadmaps), *Robotics and Technical Cybernetics*, 2015, vol. 1 (6), pp. 6—11 (in Russian).

2. **World Robotics. Industrial Robots 2016**, International Federation of Robotics (IFR) Statistical Department, pp. 17—18.

3. **World Robotics. Service Robots 2016**, International Federation of Robotics (IFR) Statistical Department.

4. **Kirobo Project Report, Kibo Robo Project**, available at: <http://kibo-robo.jp/en/report> (date of access 29.05.2017).

5. **Gordon IV J.** et al. Comparing U. S. Army Systems with Foreign Counterparts. *RAND Corporation Research Report 2015, RAND Corporation Research Report 2015*, available at: http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR716.html (date of access 29.05.2017).

6. **Klimov R. S., Lopota A. V., Spassky B. A.** Tendencii razvitiya nazemnykh robototekhnicheskikh sistem voennogo naznachenija (Trends of military unmanned ground vehicles), *Robotics and Technical Cybernetics*, 2015, vol. 3 (8), pp. 3—10 (in Russian).

7. **Spassky B. A.** Sovmestnoe primenenie bespilotnykh apparatov razlichnogo bazirovaniya. Obzor sostojaniya razvitiya (Application of heterogeneous robotic systems. State-of-the-art), *Robotics and Technical Cybernetics*, 2016, vol. 2 (11), pp. 8—19 (in Russian).

8. **Vinogradov P. V., Zheleznyakov A. B., Spassky B. A.** Nekotorye napravleniya razvitiya kosmicheskoy robototekhniki (Modern directions of space robotics development), *Robotics and Technical Cybernetics*, 2015, vol. 4 (9), pp. 3—12 (in Russian).

9. **Spassky B. A.** Obzor sovremennykh interfeysnykh sistem operatorov mobil'nykh nazemnykh robotov (Review of modern human-robot interface systems of unmanned ground vehicles), *Robotics and Technical Cybernetics*, 2016, vol. 4 (13), pp. 21—31 (in Russian).

10. **Khalidi A.** et al. Soft, flexible micromanipulators comprising polypyrrole trilayer microactuators, *Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) 2015*, available at: <http://spie.org/Publications/Proceedings/Volume/9430> (date of access 29.05.2017).

11. **U. S. Navy** Information Dominance Roadmap, 2013—2028, *Public Intelligence*, available at: <https://publicintelligence.net/usnavy-information-dominance/> (date of access 29.05.2017).