

Б.И. КРЮЧКОВ, А.А. КАРПОВ, В.М. УСОВ  
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ СЕРВИСНЫХ  
РОБОТОВ В ОБЛАСТИ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ**

---

*Крючков Б.И., Карпов А.А., Усов В.М. Перспективные подходы к применению сервисных роботов в области пилотируемой космонавтики.*

**Аннотация.** В статье описаны перспективные направления к использованию сервисных роботов (роботов-ассистентов) в области пилотируемой космонавтики. Проанализированы концептуальные подходы к организации внутренней среды сервисных роботов и внешней рабочей среды для совместной деятельности человека и сервисного робота.

**Ключевые слова:** сервисные роботы, роботы-помощники, ассистивные функции, интеллектуальное окружение, многомодальные человеко-машинные интерфейсы.

*Kryuchkov B.I., Karpov A.A., Usov V.M. Promising Approaches for the Use of Service Robots in the Domain of Manned Space Exploration.*

**Abstract.** In this paper, we describe some prospective directions of the use of service robots (robot-assistants) in the high-tech domain of manned space exploration. We analyze conceptual approaches for the organization of an internal environment of service robots and an external work environment for joint functioning a human-operator and a service robot.

**Keywords:** service robots, robot assistants, intellectual environment, multimodal human-computer interfaces.

---

**1. Введение.** В настоящее время в высокоразвитых странах мира наблюдается взрывной рост интереса к робототехническим системам, для которых предлагаются все новые ниши полезного применения, включая те, которые принято относить к социально значимым и при этом требующим соблюдения регламентов и стандартов безопасности для человека и окружающей среды. Тенденция постоянного совершенствования всех типов роботов и расширения их функциональных возможностей связана с несколькими факторами:

- общим прогрессом высоких информационно-коммуникационных технологий (ИКТ);
- успехами ряда смежных научных дисциплин (математики, программирования, материаловедения, электроники, механики и др.);
- изменениями инвестиционного климата в отношении ассистивных технологий, которые расширяют возможности адаптации человека (при ограничениях по функциональным возможностям) к сложным условиям жизнедеятельности.

На первый план динамического развития сервисных роботов (или роботов-помощников человека), предназначенных для функционирования в помещениях и изолированных рабочих зонах как обычного, так и опасного производства (включая герметически замкнутые обитаемые

объекты), выходит такой фактор, как возрастание социально обусловленного спроса на них.

Наиболее значимая цель – создать благоприятные условия труда для высококвалифицированных специалистов и тем самым обусловить востребованность роботов-помощников профессионалами, от которых в наибольшей степени зависит результативность решения целевых задач любых проектов. Этот фактор отчетливо проявляет себя в сфере высоких технологий, в частности, в пилотируемой космонавтике. В этой сфере высочайший профессионализм ключевых фигур, которые находятся на вершине производственной пирамиды, являются конечным звеном в сложно организованном технологическом цикле (применительно к пилотируемой космонавтике – это роль космонавтов, особенно в составе экипажей в длительных экспедициях) сочетается с постоянно возрастающими трудностями рациональной организации рабочей среды. На преодоление такого несоответствия и такого рода трудностей направлено применение роботов-помощников, так как их предназначением является повышение полезной отдачи от использования рабочего времени высококлассных специалистов. Это тем более важно, что со стороны общества наблюдается возрастание требований к результативности и продуктивности труда в указанной области, что находит выражение в увеличении количества ответственных операций в полётном задании и повышение их разнообразия при одновременном усилении требований к безопасности полёта, к эффективному использованию полётного времени при работе с полезной нагрузкой на борту космических аппаратов. Исходя из этого, оценку применения сервисных роботов можно производить с учетом того, насколько успешно удается встраивать сервисные роботы (с разной степенью интеллектуальности, мобильности и автономности) в технологические цепочки, требующие участия персонала, к которому предъявляются самые высокие требования к уровню квалификации и у которых высочайшая стоимость труда в пилотируемом полете. Выявление особенностей применения сервисных роботов в пилотируемой космонавтике позволяет точнее обосновать круг тех требований, которые способствуют повышению востребованности современных технологий робототехники. Представленный далее аналитический обзор является развитием наших концептуальных идей к применению сервисных роботов в области высокотехнологичной медицины и космонавтики [1]. Основной целью данной работы, представленной в статье, является изучение возможностей улучшения коммуникации космонавтов с сервисными роботами в условиях динамически изменяющихся условий применения посредством придания рабочей

среде свойств интерактивности и интеллектуальности с соответствующей настройкой внутренней среды сервисного робота.

**2. Направления внедрения сервисных роботов и принципы их использования в пилотируемой космонавтике.** В современных публикациях прослеживаются обнадеживающие оценки перспектив создания сервисных роботов или роботов-помощников для участия в различных технологических процессах. В частности, обсуждаются не только аспекты узко бытового применения таких роботов (например, роботы для ведения хозяйства) [2, 3], инициировавших в свое время зарождение идей разработки ассистивных технологий, но и возможный эффект их внедрения в высокотехнологические отрасли, в частности в пилотируемую космонавтику [4, 5].

*Информационная поддержка* конкретных целевых контингентов пользователей является наиболее очевидным направлением [5-7]. Из литературы известно, что одним из вариантов информационной поддержки является разработка сервисных роботов по типу «информационного киоска» [8-12]. Эти приложения расценены в качестве полезных и перспективных для пилотируемой космонавтики [5]. В указанных работах отмечается, что состав технологий поддержки диалога и характер контента для информирования пользователя имеют принципиально важное значение не только по удобству, но и по надёжности и оперативности в сложных ситуациях оказания экстренной помощи и поддержки.

В условиях пилотируемого полета в ходе длительной экспедиции бортовой информационный сервисный робот способен предоставить:

- обширный круг сведений в объёме бортовой документации по управлению системами, агрегатами, научной аппаратурой, средствами профилактики неблагоприятного действия факторов космического полёта, использованию защитного снаряжения и средств оказания медицинской помощи в полёте;

- формировать мультимедийные презентации с видеорядом сцен из жизни семьи конкретного члена экипажа для психологической поддержки, а также по индивидуальному выбору – художественные произведения разных жанров.

Применение средств информационного обеспечения космонавта на борту, несомненно, имеет свою специфику, в частности, требуется предусматривать устойчивость процесса коммуникации к разного рода факторам помех, что предполагает дополнительные усилия в области разработки программно-аппаратных средств обеспечения диалога и поддержки интерфейсов.

В работах [7-12] описан состав программно-технических средств и базовых технологий, с помощью которых уже сегодня, опираясь на отечественные разработки, можно реализовать такие способы поддержки диалогового общения пользователя с сервисным роботом, как синтез и распознавание естественной русской речи, мимический и жестовый способы взаимодействия, многомодальные совмещенные и синхронизированные способы передачи информации и др.

Информационные сервисные роботы данного типа могут быть созданы как стационарное устройство с высокой степенью автономности применения, фактически активируемое прямым обращением пользователя, которого робот может вначале идентифицировать, потом выслушать и распознать вопрос, а затем проинформировать пользователя по существу проблемы, если имеет в своей базе данных верное решение, или продолжить диалог для уточнения темы и предмета запроса. Во многих случаях представляет интерес наделение таких роботов способностью к перемещению в рабочем пространстве (мобильностью), следуя за человеком-пользователем по помещениям, в которых могут находиться интересующие человека предметы, аппаратура, агрегаты, назначение самих помещений и пр.

*Обеспечение санитарно-гигиенических требований к состоянию помещений*, мониторинг состояния воздушной среды, в том числе искусственно формируемой, очистке помещений, утилизации биологических отходов и пр. требуют выполнения многочисленных разнообразных вспомогательных операций [13, 14].

В определенной степени для улучшения санитарно-гигиенического состояния помещений пригодны стационарные установки очистки воздушной среды, их использование не исключает, а, напротив, во многих ситуациях удачно сочетается с применением мобильных сервисных средств, если они приспособлены для выполнения таких функций в труднодоступных зонах. Современные технологии позволяют создавать не только носимые, но и миниатюрные сенсоры и приборы детекции и идентификации примесей, дымов, токсинов в воздушной и водной среде, а это обстоятельство коренным образом меняет качество санитарной обработки: выполнение работ сопровождается полноценным контролем со стороны мобильного сервисного робота, оснащенного комплексом носимых приборов диагностики, детекции вредных примесей и патогенов и пр.

В условиях искусственной среды обитания на космической орбитальной станции проблема стоит не менее остро. Фактор микрогравитации способствует "всплыванию" предметов, загрязнению воздушной

среды множеством мелких частиц, которые в процессе производства и приемки продукции не были удалены по каким-то причинам. Кроме того, образование конденсатов воды, жизнедеятельность микроорганизмов, разрушающих биоорганические материалы, разрушение материалов под действием физических факторов и пр. также вносят вклад в загрязнение внутренней среды обитаемого гермообъекта. Хотя сегодня в составе средств обеспечения жизнедеятельности космонавтов существуют эффективные средства очистки искусственной воздушной среды и воды, необходимо дальнейшее совершенствование средств мониторинга состояния модулей и отсеков пилотируемого космического комплекса. В планируемых экспедициях на Луну и Марс фактор загрязнения среды на длительно автономно функционирующем космическом комплексе может стать еще более ощутимым из-за характера почвы, загрязняющей средства защиты организма (скафандры) и инструменты во время выходов космонавтов во внешнюю среду.

В указанных сферах отличительные признаки мобильности и автономности сервисных роботов, несомненно, являются важными для достижения высоких эксплуатационных характеристик при очистке помещений, постоянно подвергающихся загрязнению. Так же предпочтительны для обработки таким способом и помещения, где в определенное время нет персонала. Выбирая этот путь, можно не подвергать людей излишнему риску, правильно планируя расписание работ и рабочее пространство для активности сервисных роботов.

*Поддержание безопасных условий жизнедеятельности* – это наиболее сложное направление, так как системы обеспечения безопасности труда и охраны здоровья являются, как правило, комплексными и обеспечиваются многими компонентами, большую роль играет конкретный учет профессиональных и медицинских факторов риска и принятые нормативные требования охраны здоровья и труда работающих [13-17].

В условиях пилотируемого космического полета сервисные роботы могут контролировать состояние внутренней среды модулей орбитальной станции, в том числе редко посещаемых членами экипажа. Это позволит своевременно обнаруживать отклонения в температурном режиме, появление признаков нештатного функционирования, обнаруживать неработоспособность приборов, которые должны быть включены согласно регламенту работ, обнаруживать критические значения параметров среды обитания и появление опасных концентраций вредных примесей.

В пилотируемой космонавтике автономность и мобильность являются ключевыми требованиями к роботам, так как при недостаточной численности персонала и, напротив, обширности зон контроля необходимо так организовать мониторинг, чтобы обеспечить требования регламента обслуживания всех агрегатов и узлов, своевременно выявлять отказы бортовых систем. В общем случае приоритетная задача для решения средствами робототехники в производственных областях с особыми условиями труда – выявлять признаки опасности для пребывания человека, оповещать диспетчерский состав и/или дежурные бригады специалистов, включать (контактно или дистанционно) устройства связи и оповещения или дежурную сигнализацию и при наличии – соответствующие приборы и устройства для ликвидации угроз (дегазации и очистки среды).

*Доставка и размещение грузов, воды, питания, лекарств, перевязочных и расходных материалов* и т.п. рассматривается как четвертое применение. Для пилотируемой космонавтики фактор перемещения, размещения, поиска и идентификации грузов становится все более значимым, так как постоянно растут размеры орбитальных комплексов, объемы модулей, в том числе грузовых, масса доставляемых грузовыми транспортными кораблями грузов исчисляется тоннами.

*Оповещение персонала о возможных предпосылках к чрезвычайной ситуации (ЧС)* и/или при нештатных ситуациях: возникновении пожара, задымления, затопления, резкого снижения или повышения температуры в помещениях (за пределами нормативных и/или комфортных для человека значений) и др., рассматривается как пятое перспективное направление для применения сервисных роботов. Эти вопросы достаточно широко обсуждаются в литературе в контексте упоминаний об «умном доме». Помимо насыщения помещений датчиками измерений и видеокамерами, необходимо изыскивать средства обследования помещений, безопасные для человека, если там обнаружены признаки неблагополучия, и, возможно, что в этом отношении предпочтительно использовать мобильные сервисные роботы. Аналог этого вида применения сервисных роботов можно найти в практике ликвидации последствий ЧС, когда дистанционно управляемые мобильные роботы первыми проникают в помещения, где высок уровень угроз для здоровья и жизни человека.

*Документирование проводимых бригадами специалистов работ* посредством фото- и видеосъемки, записи звуковой обстановки, переговоров членов рабочей бригады и пр. применяется в тех случаях, когда ситуация не позволяет привлечь дополнительный персонал, в том числе

из-за стесненных и небезопасных условий, но безусловно нужны достоверные материалы о выполненных работах. Эта задача может быть отчасти возложена на сервисного робота, дистанционно управляемого человеком. Такая ситуация типична, например, при испытаниях сложных систем и ликвидации последствий ЧС. В разных областях, где требуется повышенный контроль действий персонала, на практике все шире применяются различные способы документирования, основанные на фиксации хода операций на носителях электронной информации, видеорядов данных, записи речевых комментариев, что способствует более тщательному анализу причин неудач и ошибок, а также может быть использовано в учебном процессе для подготовки специалистов соответствующего профиля. По тем же причинам возможно применение сервисных роботов на борту пилотируемого космического аппарата для улучшения процедур послеполетного анализа работы экспедиций и обеспечивающего космический полет персонала.

*Дистанционное применение манипуляционных сервисных роботов с многомодальными интерфейсами.* В этом случае сервисный робот должен ассистировать человеку, подавая инструмент, освещая рабочую зону, снижая негативные последствия тремора рук при тонких операциях, существенно повышая точность позиционирования инструмента и др., что доказано при применении манипуляционных роботов [18-20].

В пилотируемой космонавтике сегодня, в принципе, не обойтись без манипуляционных робототехнических комплексов (МРТК) при операциях внекорабельной деятельности (ВнеКД), обеспечении погрузочных и транспортных работ и некоторых других полетных операциях [16]. Известными примерами существующих и разрабатываемых космических роботов-помощников (манипуляторов) для ВнеКД космонавтов являются манипуляторы «Декстр» («Dexter» или SPDM), «Канадарм» (и «Канадарм 2»), ERA («European Robotic Arm»), система бортовых манипуляторов «Аист» для корабля «Буран» [4].

Примерами сервисных роботов для поддержки внутрикорабельной деятельности (ВнуКД) космонавтов являются персональный помощник космонавта (робот-шар), «Kirobo» (проект KIBO), «Lemur II», а также телеуправляемые роботы-гуманоиды SAR-401 и «Робонавт-2» («Robonaut-2») [4]. Такие изделия разрабатываются NASA, Европейским космическим агентством, Японским космическим агентством, а также отечественными производителями (в частности, в ЦНИИМаш, ЦНИИ РТК, МГТУ, НПО «Андроидная техника» и др.).

Мобильный манипуляционный сервисный робот, как «третья рука» в помощь космонавту, интересен в плане поддержки различных на-

ладочных и ремонтных операций, когда космонавт вынужден выполнять их в одиночку, не имея возможности оперативно менять рабочий инструмент для ручных манипуляций, не меняя рабочей позы и не отвлекаясь на поиск, извлечение и фиксацию инструмента, применение которого в условиях микрогравитации имеет ряд дополнительных особенностей.

Обобщая доступные литературные данные, можно выделить направления применения сервисных роботов (рис. 1). Приведенный перечень, естественно, не исчерпывает все возможные направления использования сервисных роботов, но и представленного объема работ для потенциального их применения достаточно, чтобы с оптимизмом оценить перспективность этих научно-практических наработок для разных прикладных областей.

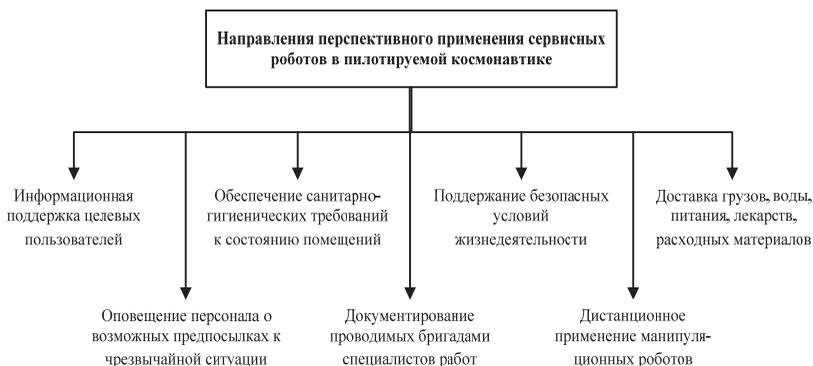


Рис. 1. Классификация направлений перспективного применения сервисных роботов в области пилотируемой космонавтики

Далее кратко описаны подходы к организации внутренней среды сервисных роботов и возможности расширения их функциональных возможностей ассистивными средствами рабочей среды.

**3. Концептуальные подходы к организации внутренней среды сервисных роботов.** Рациональная организация внутренней среды робота является ключевым фактором для достижения заявленной разработчиками той или иной функциональности. В данном контексте особую роль играет принцип использования многомодульной конструкции робота, что, помимо экономических преимуществ унификации технических решений [21-23], позволяет создавать семейства взаимодополняемых устройств, настраиваемых на конкретные приложения в зависимости

сти от степени необходимости и приоритетов текущих операций и работ специалистов.

Фактически требования к наличию свойств мобильности, автономности, способности к выполнению определенных типов манипуляций, а также ориентации в сложно организованной среде и др. находят непосредственное отражение в организации внутренней среды робота, а именно в составе и назначении отдельных подсистем, в их структурно-функциональных связях между собой и с устройствами обмена информацией с внешними источниками данных.

Рассмотрим внутреннюю структуру типового сервисного робота (рис. 2), т.е. укрупненные блоки в составе сервисных роботов и их информационные связи между собой и с внешними структурами, которые отражают различные стороны функциональности сервисных роботов. Согласно общепринятым подходам, можно выделить некоторые типовые блоки мехатронного робота (ТБМР), которые, в частности, обеспечивают:

- связь с пультом управления роботом и/или с диспетчерским пунктом для выполнения оператором задач мониторинга активности сервисных роботов;
- поддержание интерфейсов с человеком-оператором (ЧО), управляющим роботом и контролирующим его активность;
- функционирование сенсорных средств робота, предназначенных для распознавания и идентификации предметов во внешней среде, ориентировки в пространстве, локализации, позиционирования и навигации робота, а также измерения параметров среды;
- выполнение предусмотренного назначением робота объема движений, как самим роботом, так и его частями для передвижения в пространстве, для выполнения манипуляций с предметами внешней среды и др.;
- энергетическое обеспечение, поиск источников питания при снижении заряда аккумуляторной батареи ниже допустимого уровня;
- самотестирование робота и самооценка работоспособности его модулей, защита робота от несанкционированного внешнего вмешательства;
- перепрограммирование робота и пополнение его баз данных и баз знаний, включая сведения о рабочей среде (например, цифровую карту помещений и разметку на ней зон с различными правами доступа) и о предписанных правилах поведения в ней;
- обеспечение безопасности для присутствующих в помещении людей и предупреждение столкновения с постоянно расположенными в

помещении агрегатами, приборами и временно присутствующими предметами, обеспечение экстренной остановки и приведения в нейтральное устойчивое состояние с включением предупредительной сигнализации.

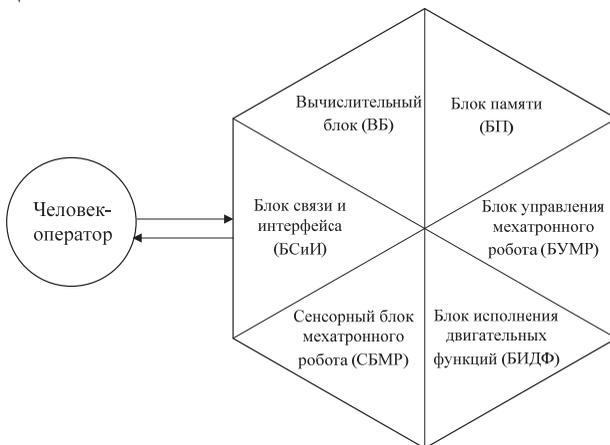


Рис. 2. Общая структура внутренней среды сервисного робота

Необходимо отметить, что многие подсистемы роботов настолько тесно связаны между собой в процессе функционирования, что проектируются только совместно, это отражается на регламентах и алгоритмах применения роботов. Следовательно, на практике существует непростой выбор между вариантами построения универсального робота (как правило, этот путь ведет к конструированию антропоморфных роботов с исполнительными устройствами, с большой точностью моделирующими функциональность рук человека) и вариантами построения специализированных роботов со сменными, но более простыми по своей функциональности, исполнительными механизмами. Выбирая второй вариант, надо отчетливо понимать, что необходимо либо создавать целое семейство однотипных роботов, либо предусматривать переналадку и настройку некоторого базового варианта, комплектуя его сменными исполнительными и сенсорными блоками. Однако такая смена комплектации, даже при достижении простоты наладки, несомненно, влечет за собой существенные изменения в системе управления и построении интерфейсов с ЧО.

Сформулируем назначение отдельных ТБМР. На первое место необходимо поставить блок связи и интерфейса с ЧО, управляющим роботом и контролирующим его активность в соответствии с антропо-

центрическим подходом к построению системы «ЧО – сервисный робот – рабочая среда».

Блок связи и интерфейса (БСиИ) с ЧО предназначен для получения команд от ЧО, работающего за пультом управления (ПУ) как внешним блоком по отношению к мехатронному роботу, при этом следует предусмотреть несколько видов интерфейса. В соответствии с выбранным ЧО типом управления роботом и способом мониторинга его движения в пространстве; важными условиями являются согласованность каналов связи и минимизация задержек прохождения управляющих команд. Дополнительные возможности БСиИ состоят в передаче в память вычислительного блока (ВБ) мехатронного робота обновлений специального программного обеспечения, баз данных, баз знаний, получаемых в порядке настройки и формирования очередного задания. ВБ может быть построен на базе классического ноутбука, использующего стандарты организации локальной сети ЭВМ.

ВБ, функционирующий совместно с блоком памяти (БП) предназначается для выполнения всех необходимых алгоритмов, обеспечивающих работоспособность блоков мехатронного робота. Этот блок может быть построен как специальный программно-аппаратный комплекс, но для центрального вычислителя мехатронного робота допустимо использовать решения, применяемые для современных смартфонов и планшетов. Такое решение может существенно облегчить построение интерфейсов и будет способствовать удешевлению изделия.

Блок исполнения двигательных функций (БИДФ) представляет собой конструкцию (как правило, электромеханического типа или с использованием пневматических приводов), посредством которой отдельные механические звенья могут двигаться друг относительно друга. Характер этого движения определяется законами управления, реализуемыми блоком управления мехатронного робота (БУМР).

Мобильность роботов определяется наличием у них исполнительного механизма выполнения движений (типа движущейся платформы), который позволяет перемещать их, используя точки опоры или сцепления с поверхностью. Для сервисных роботов в земных условиях обычно предусмотрено перемещение по плоской поверхности с небольшими углами наклона, если используются шасси на колесах, и с достаточно сложным рельефом, если используется шагающая конструкция; кроме того, имеются разработки, позволяющие обеспечить перемещение по вертикальным поверхностям и даже переход с одной плоскости на другую [24, 25].

В условиях космоса при действии фактора микрогравитации плоскостное движение внутри герметически замкнутого объекта сопряжено с дополнительными проблемами, так как необходимы специальные устройства для фиксации в ходе передвижения в условиях микрогравитации. Самостоятельная проблема состоит в обеспечении требуемой точности позиционирования и навигации мобильного робота внутри помещений. Как правило, направление движения мехатронного робота определяется по данным навигационных измерений и параметров позиционирования, задаваемых внешними источниками информации, а в самом мобильном роботе предусматривается гироскопическая система, позволяющая вычислять необходимые углы поворота и передавать эту информацию в блок исполнения двигательного акта в составе БУМР, который в наибольшей степени определяет свойства мобильности и способности к выполнению сложных манипуляций. Манипуляции, выполняемые с помощью сервисных роботов, так же как и исполнительные движения составных частей робота для передвижения в пространстве, требуют применения нескольких уровней системы управления; в типовом варианте можно выделить минимум три иерархических уровня.

Для непосредственного приведения в действие механизмов исполнения движений или манипуляций необходимо наличие системы управления единичным двигательным актом, которое можно назвать системой нижнего уровня. В силу своего назначения он подчинен системе управления среднего или верхнего уровня в зависимости от выбранного ЧО способа управления, например супервизорного, копирующего или по автономно реализуемой роботом программе по заранее сформированному сложному алгоритму. Для реализации движения по заранее сформированной программе, состоящего, как правило, из связанной последовательности единичных двигательных актов согласно хранимой в памяти ВБ робота и инициируемой в супервизорном режиме некоторой программы действий, необходимо наличие системы управления среднего уровня.

Для реализации команд на манипуляции и перемещения, получаемых от ЧО с помощью того или иного типа интерфейса, необходимо применять систему верхнего уровня, когда ЧО сам принимает решение об исполнительном действии и затем задает роботу исчерпывающий набор последовательно выполняемых команд или предписаний. Частным случаем является копирующий режим, когда ЧО, пользуясь устройством типа экзоскелетона или его составными частями («очувствленная» перчатка и пр.) выполняет требуемое движение, а мехатронный робот его копирует (повторяет), подчиняясь законам биомехани-

ки [18, 26]. В этом случае необходимо не только подключение каналов связи для дистанционного управления роботом, технического зрения в составе сенсорного блока мехатронного робота (СБМР), но и использование внешней системы контроля правильности исполнения движения роботом и контроля достижения цели двигательного акта. Внешняя система может быть построена на базе видеокамер в составе системы технического зрения, обеспечивающих 3D-изображение, которое затем анализируется как сложная зрительная сцена с вычислением необходимых параметров для коррекции управления. Нами приведено упрощенное изложение принципов построения управления в системе «ЧО – мехатронный робот», детальное изложение можно найти в публикациях [27-29].

Последним по порядку, но не по значимости для сервисных роботов рассмотрим назначение СБМР. Выше уже отмечалось, что для решения задач управления роботом могут применяться видеокамеры в его составе, посредством которых робот может выполнять анализ наблюдаемых трехмерных визуальных сцен и идентифицировать некоторые предметы в окружающей среде и их взаимное расположение с использованием систем технического зрения (СТЗ). С помощью этих же средств робот способен передавать изображение ЧО в разном разрешении и с разных ракурсов для контроля безопасности выполнения операций. Использование видеокамер робота в сочетании с видеоизображением, формируемым с нескольких внешних по отношению к роботу точек наблюдения, может существенно улучшить условия выполнения ЧО точных манипуляций. Более детально эти вопросы освещены в публикациях по проблемам построения СТЗ для роботов [30, 31].

С методической точки зрения можно ввести условное разделение сенсоров и измерительных приборов мобильного робота:

- используемые преимущественно для «собственных нужд» робота, то есть тех, без которых он не в состоянии выполнить базовые функции передвижения, позиционирования, навигации и др.;
- предназначенные для выполнения предписанных роботу заданий в аспектах целенаправленного получения от его применения дополнительных полезных эффектов (согласно представленному выше перечислению функций).

Это разделение исходит из того предположения, что при модульном построении робота, когда можно заменять часть сенсоров другими, для собственных нужд робота применяют несменяемые сенсоры, в то время как некоторые практические задачи и условия применения требуют дополнительных конфигураций набора сенсоров и носи-

мых приборов. Естественно, что экономические и эксплуатационные ограничения, как правило, не позволят часто менять конфигурацию СБМР, но при недостаточно выраженной универсализации робота это один из путей преодоления такого рода ограничений. Подобные соображения могут быть отнесены и к набору исполнительных сменных механизмов исполнения движений в зависимости от состава предписанных роботу рабочих операций. Чем выше будет универсальность исполнительного звена робота (например, какой-то качественный аналог руки человека), его искусственный интеллект, его когнитивные возможности, тем меньше будет потребность в сменных конструкциях.

Для автономного мобильного робота необходимо предусматривать достаточно развитый набор несменяемых сенсоров, так как ориентировка в пространстве, способность следовать по маршрутам, задаваемым на цифровых картах помещений, и обновлять содержимое этих карт при изменениях в рабочем помещении – достаточно сложные на практике вопросы в любой области внедрения сервисных роботов [32-34]. В настоящее время аналогичные вопросы активно исследуются применительно к мобильным устройствам связи и навигации для позиционирования в помещениях в отличие от успешно решенных вопросов навигации на местности [27, 32, 35].

Далее в статье речь пойдет об интеллектуальном пространстве (рабочей среде), которая наделяется элементами искусственного интеллекта, чтобы специально созданные для этой цели устройства могли направленного собирать информацию в интересах человека, управляющего роботом, и передавать ее в пригодном для восприятия виде.

**4. Концептуальные подходы к организации рабочей среды для совместной деятельности человека и сервисного робота.** Сегодня имеются разработки, улучшающие свойства интерактивности и ассистивности окружающей человека среды, чтобы обеспечить ее «дружественный характер» для человека, который в ней обитает и/или работает [16, 18, 35-37].

При использовании специальных технических устройств, построенных по этим принципам, при поддержке со стороны интеллектуального окружения человеку значительно проще решать задачи ориентировки в пространстве, распознавания предназначения предметов, понимания возможной реакции среды на воздействия и пр. Это положение в полной мере относится и к сервисным роботам, им тоже необходима информационная поддержка в тех ситуациях, когда собственных сенсорных возможностей недостаточно для восприятия сложных зрительных образов и извлечения релевантной информации из окружающей среды, в то вре-

мя как ассистивные устройства способны предоставить роботу управляющую информацию уже в пригодном для прямого использования по назначению виде. Выполнение этого условия предполагает наличие прямых и обратных информационных связей между ПУ роботом, СБМР и системой ассистивных средств в рабочей среде, которые способны хранить и передавать данные в стандартизированной форме по каналам связи и в рамках оговоренных интерфейсных соглашений. Информационное взаимодействие человека-оператора (например, космонавта МКС) и сервисного робота, находящихся в рамках интеллектуального окружения, проиллюстрировано на рисунке 3.

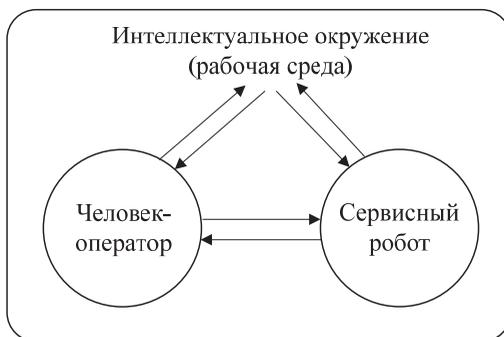


Рис. 3. Взаимодействие сервисного робота и человека-оператора в рамках интеллектуального окружения

Рассмотрим вопрос, какие свойства и качества окружающей среды необходимо разрабатывать и развивать в первую очередь, чтобы с полным основанием говорить о ее интеллектуальном насыщении в интересах организации взаимодействия в системе «космонавт – сервисный робот».

Несомненно, что решение данной задачи приведет к разработке целого ряда новых технологий и технических средств, расширяющих возможности контроля «поведенческой активности» и роботов, и космонавтов. В отношении последних этот процесс должен сопровождаться выполнением требований о защите личной информации и охране прав личности на частную жизнь. Тем не менее, тенденции, которые сегодня наблюдаются на земле в отношении мониторинга всех видов коммуникативной активности, передвижения, поисковых запросов в сети интернет и пр., будут в той или иной степени проявлять себя и в интеллектуальном окружении на пилотируемых космических объектах.

Это связано с тем, что активность космонавтов на борту не сводится исключительно к выполнению полетных операций, есть еще огромный пласт повседневной деятельности, соблюдения режима труда и отдыха, удовлетворения физических и физиологических потребностей и пр. Многое в жизни космонавтов также как и на Земле построено на стереотипах поведения, привычках, наборе достаточно ограниченных основных потребностей в соответствии с теми реально существующими ресурсами, которыми удается обеспечить экипаж. Знание таких стереотипов существенно может облегчить применение сервисных роботов, так как в соответствии с результатами предварительного планирования загрузки на день и анализа ряда предшествующих типовых суток можно составить картину того, какие директивы будут определять активность робота в ближайшее время. Это позволяет сервисному роботу искать в интеллектуальном окружении сведения, какие актуальные потребности человека можно удовлетворить теми или иными ресурсами, где их искать и в какой форме предоставить экипажу сведения такого характера. Сегодня на Земле существуют прототипы программ для мобильных устройств, которые можно рассматривать как прототипы систем активной (контекстно-зависимой) помощи по доступу к ресурсам и услугам для пользователей разных категорий в соответствии с их видами повседневной («привычной») активности.

Из этого концептуального подхода становится понятным принципиально важное требование максимального расширения возможностей устройств, включенных в состав интеллектуальной среды, в отношении поддержания коммуникации. В каком-то смысле, можно говорить о необходимости наделения каждого компонента такой среды «объектными свойствами», позволяющими ему локально, по запросу активного агента, предоставить о себе сведения о своем назначении, состоянии готовности к исполнению предписанной функции, наличных ресурсах и сроках их годности, полномочиях потребителя ресурсов, источники их пополнения и т.д. (рисунок 4).

Сервисные роботы также должны подчиняться законам функционирования такого интеллектуального окружения, чтобы, в свою очередь, использовать ассистивные средства этой среды и данные от тех пользователей, которые могут обмениваться с ней информацией, в том числе, за счет своевременной модификации состояния информационных приборов, маркеров, сигнализаторов в самой физической среде и содержимого баз данных и баз знаний в той вычислительной системе, в которой интегрируется вся информационная картина для выполнения человеком контролируемых функций и функций принятия управленче-

ских решений. Повышение интерактивности среды достигается, прежде всего, на локальном уровне: по стандартным каналам обмена информацией приборы, устройства, агрегаты в рабочей среде становятся способны многое сообщить о себе пользователям, имеющим соответствующие устройства приема-передачи данных, например о своем предназначении, текущем состоянии, планируемой циклограмме работ и пр. Это особенно важно для решения задач позиционирования и навигации мобильных роботов в сложной для ориентировки среде. Существует ряд публикаций [27, 30, 32, 34], демонстрирующих как возможности самих роботов для решения подобных задач на основе систем технического зрения (СТЗ), использования в составе средств навигации роботов лазерных дальнометров, одометров и др., так и возможности сбора этих же данных устройствами, расположенными в помещениях и передающими сведения в систему управления роботом.

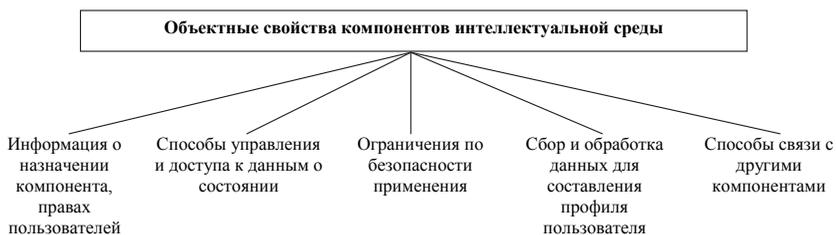


Рис. 4. Объектные свойства компонентов интеллектуальной среды, облегчающие возможности интерактивного взаимодействия с потребителями ресурсов

Допускается вариант и совместного использования сенсоров мобильного робота с возможностями систем контроля перемещений персонала и технических средств внутри помещений на основе системы (радио) меток и считывателей информации с этих меток для обмена данных с системой управления перемещением робота. Одновременно желательно обеспечить передачу этих данных в центральный вычислитель для отображения в интегрированном виде обобщенной информации ЧО, выполняющему диспетчерские функции и функции мониторинга среды.

Когда ставится вопрос о создании интеллектуального окружения на искусственных объектах для длительного обитания человека, то в первую очередь рассматриваются варианты введения в действие (в интересах информирования человека, контроля позиционирования динамически перемещающихся объектов и для облегчения навигации мо-

бильных роботов) систем датчиков и систем сбора информации о текущих параметрах рабочей среды, взаимном расположении предметов, двигательной активности мобильных агентов и т.д. (рисунок 5).

Однако возможен и такой аспект рассмотрения проблемы, как конструктивная перестройка внутренних объемов помещений для снижения помех для функционирования мобильного автономного робота.

В каком-то смысле так и происходит при построении современных космических комплексов, функционирующих в орбитальном поле в условиях невесомости и микрогравитации, где нет необходимости строить среду обитания строго по «земным лекалам», и человек иначе, чем на Земле, строит представления о своей схеме тела и ориентации в пространстве. Это позволяет использовать новые схемы компоновки агрегатов в рабочем пространстве, шире применять «фальшпанели» и прочие защитные конструкции, чтобы снизить риски механического воздействия на те или иные технические системы при передвижении космонавтов в пространстве рабочих модулей орбитальной станции. Очевидно, что этот подход правомерен и для мобильных роботов-помощников космического экипажа.

Карта (план) интеллектуальной среды	Вычислительные средства	Средства взаимодействия с пользователем и роботом	Система управления интеллектуальной среды	База данных и знаний (онтология)
		Средства анализа профиля и активности пользователя		
		Средства контекстного конфигурирования ресурсов		
		Связь с бортовой компьютерной сетью		
		Средства позиционирования и мониторинга активности		
		Сенсоры и датчики		

Рис. 5. Структура интеллектуальной окружающей среды и средств ассистивной поддержки активности космонавта и сервисного робота

Основным направлением исследований является согласование свойств интерактивности и ассистивности интеллектуального окруже-

ния с возможностями восприятия информации человеком, что может быть достигнуто развитием диалоговых средств, включая применение многомодальных интерфейсов в системе «человек – сервисный робот» [7-9]. Наиболее заметная тенденция в построении интерфейсов человека с интеллектуальным окружением и интеллектуальными агентами типа мобильных автономных роботов – использование многомодальных пользовательских интерфейсов (рисунок 6). Широкому применению ЭВМ способствует не только совершенствование их технических параметров, но и улучшение эксплуатационных характеристик, позволяющих любому конечному пользователю практически на интуитивном уровне осуществлять управление ЭВМ и различными процессами для решения собственных задач. Именно по этой причине появились такие формы диалога с ЭВМ, как графический интерфейс, управление голосовыми командами, тактильные интерфейсы [8-12, 17].

**Способы интерактивного взаимодействия человека с сервисным роботом**



Рис. 6. Варианты построения человеко-машинных интерфейсов для рациональной организации интерактивного взаимодействия космонавта с роботом

Наиболее сложной оказывается задача построить эффективный диалог и использовать такое сочетание многомодальных систем, чтобы в каждый момент времени с учетом множества ситуативных обстоятельств ЧО (зашумленное помещение, отсутствие прямой видимости "коммуниканта диалога" и пр.) мог выбрать наиболее простой, доступный и надежный способ общения с интеллектуальным агентом, способным распознавать и синтезировать естественную речь, жестовый язык общения и др. В настоящее время имеются отечественные разработки, которые позволяют с оптимизмом смотреть на внедрение технических

средств поддержки многомодальных интерфейсов на борту пилотируемых космических комплексов [1, 5, 36].

**5. Заключение.** Перспективное использование роботов ассистентов для человека-оператора в различных современных областях науки и техники обусловлено следующими основными причинами:

- высококвалифицированный специалист тратит недопустимо много времени на предварительную подготовку рабочей среды к работе, на организацию взаимодействия с обслуживающим персоналом в ходе решения самих задач и на последующую ликвидацию возможных негативных последствий вмешательства;

- сложившееся функционирование сложной производственной среды предполагает недопустимо высокие по затратам объемы малоквалифицированного рутинного труда, снижающего эффективность технологических операций.

Выполненный анализ тенденций развития робототехники показывает актуальность создания и применения сервисных роботов, предназначенных для оказания помощи и поддержки деятельности космонавтов, работающих внутри пилотируемых космических станций (например, на Международной космической станции).

### Литература

1. *Карпов А.А., Крючков Б.И., Рогаткин Д.А., Усов В.М.* Концептуальные подходы к применению сервисных роботов: общность проблем внедрения (на примерах пилотируемой космонавтики и высокотехнологической медицины) // Биотехносфера. 2013. № 6. С. 48-59.
2. *Prassler E., Ritter A., Schaeffer C., Fiorini P.* A Short History of Cleaning Robots // Autonomous Robots. 2000. vol. 9(3). pp. 211-226.
3. *Rooks B.* Robots reach the home floor // Industrial Robot: An International Journal. 2001. vol. 28(1). pp. 27-28.
4. *Крючков Б.И.* Техническое обслуживание и ремонт в космосе // Учебно-справочное пособие. Звездный городок. 2010. 258 с.
5. *Юсупов Р.М., Крючков Б.И., Карпов А.А., Ронжин А.Л., Усов В.М.* Возможности применения многомодальных интерфейсов на пилотируемом космическом комплексе для поддержания коммуникации космонавтов с мобильным роботом – помощником экипажа // Пилотируемые полеты в космос. 2013. Вып. 3. С.23-34.
6. *Юсупов Р.М., Ронжин А.Л.* От умных приборов к интеллектуальному пространству // Вестник РАН. 2010. Т. 80, № 1. С. 45-51.
7. *Ронжин А.Л., Карпов А.А.* Проектирование интерактивных приложений с многомодальным интерфейсом // Доклады ТУСУР. 2010. № 1 (21), Ч. 1. С. 124-127.
8. *Ронжин А.Л., Карпов А.А., Леонтьева А.Б., Костюченко Б.Е.* Разработка многомодального информационного киоска // Труды СПИИРАН. 2007. Вып. 5. С. 227-245.
9. *Karpov A., Ronzhin A.* Information Enquiry Kiosk with Multimodal User Interface // Pattern Recognition and Image Analysis. 2009. vol. 19(3). pp. 546-558.

10. *Ронжин А.Л., Карпов А.А.* Сравнение методов локализации пользователя много-модальной системы по его речи // Известия вузов. Приборостроение. 2008. Т.51. № 11. С. 41-47.
11. *Карпов А.А., Цирульник Л.И., Железны М.* Разработка компьютерной системы "говорящая голова" для аудиовизуального синтеза русской речи по тексту // Информационные технологии. 2010. № 8. С. 13-18.
12. *Карпов А.А.* Когнитивные исследования ассистивного многомодального интерфейса для бесконтактного человеко-машинного взаимодействия // Информатика и ее применения. 2012. Т. 6. № 2. С. 77-86.
13. *Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А., Куликов Д.А., Рогаткин А.Д.* Целевые функции сервисных медицинских роботов в клинике // Сборник материалов X международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» ФРЭМЭ'2012, Владимир: ВГУ. 2012. С. 228-230.
14. *Краевский С.В., Рогаткин Д.А.* Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов // Технологии живых систем. 2010. Т. 7. № 4. С. 3-14.
15. *Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Ланаева Л.Г.* Концепция мобильных автономных сервисных роботов для медицины // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 5. С.46-56.
16. *Крючков Б.И., Крикалёв С.К., Салаев А.М., Усов В.М.* Человек и робот на пилотируемом космическом аппарате // Сборник научных статей по материалам докладов на Первом российско-германском семинаре по космической робототехнике, Германия, Штутгарт, 2012, электронные труды.
17. *Куафе Ф.* Взаимодействие робота с внешней средой /Пер. с франц. М.: Мир. 1985. 285 с.
18. *Крючков Б.И., Усов В.М.* Антропоцентрический подход в организации совместной деятельности космонавтов ПКК и робота-помощника андроида типа. // Пилотируемые полёты в космос: Научно-технический журнал. 2012. № 3(5). С.42-57.
19. *Albani J.M.* The Role of Robotics in Surgery: A Review // Missouri Medicine. 2007. vol. 104. no.2. pp. 166-172.
20. *O'Toole M.D., Bouazza-Marouf K., Kerr D., Gooroochurn M., Vloeberghs M.* A methodology for design and appraisal of surgical robotic systems // Robotica. 2010. vol. 28(2). pp. 297-310.
21. *Юревич Е.И.* Основы робототехники. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург. 2005. 416 с.
22. *Лопота В.А., Минаков Е.П., Юревич Е.И.* Современное состояние и перспективы развития отечественной космической робототехники // Материалы Всероссийской конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности», СПб.: Астерион, 2008. Т.5.
23. *Лопота В.А., Юдин В.И., Юревич Е.И.* О системном подходе к развитию экстремальной робототехники // Материалы Всероссийской конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности», СПб.: Астерион, 2005. Т.5. С. 49-54.
24. *Градецкий В., Фомин Л.* Анализ динамики управляемых движений робота вертикального перемещения с многозвенными манипуляторами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 12. С. 9-12.
25. *Градецкий В., Фомин Л.* Обеспечение функционирования интегрированной системы управления мобильным роботом с многозвенным манипулятором // Мехатроника, управление, автоматизация. 2005. № 11. С.11-16.
26. *Тимофеев А.В., Чернакова С.Э., Литвинов М.В., Анчиков А.Д., Полонский Ю.З., Козаченко А.В.* Медицинские аспекты разработки систем человеко-машинного взаимодействия с использованием моделей виртуальной реальности для нейрохирургии // Труды СПИИРАН. 2008. Вып. 6. С. 184-196.

27. *Алферов Г.В., Кулаков Ф.М., Нечаев А.И., Чернакова С.Э.* Информационные системы виртуальной реальности в мехатронике и робототехнике: Учеб. Пособие СПб.: «СОЛЮ», 2006. 146 с.
28. *Кулаков Ф.М., Смирнов Е.Н., Липатов А.Е., Латыпов В.Н.* Информационная технология добавления виртуального объекта в реальный мир. Часть 1 // Труды СПИИРАН. 2004. Вып. 2. Т. 1. С. 236-256.
29. *Кулаков Ф.М., Смирнов Е.Н., Липатов А.Е., Латыпов В.Н.* Информационная технология добавления виртуального объекта в реальный мир. Часть 2 // Труды СПИИРАН. 2005. Вып. 2. Т. 2. С. 223-248.
30. *Миронов С.В., Юдин А.В.* Система технического зрения в задачах навигации мобильных объектов // Программные продукты и системы. 2011. № 1. С. 10-16.
31. *Соколов С.М.* Проблемы машинного зрения в робототехнике и автоматизации производства // Будущее прикладной математики. Лекции для молодых исследователей / Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. М.: URSS, 2004. С. 343-373.
32. *Самарин А.И.* Мультисенсорные навигационные системы для локального позиционирования // Современная электроника. 2006. № 6. С. 10-17.
33. *Аркадьев В.Б., Власенко А.Н., Лапин О.Е.* Мультисенсорная система в составе мобильного робототехнического комплекса для поиска, локализации и идентификации источников гамма-излучения // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», СПб: Политехник-сервис, 2011.
34. *Ермишин К.В., Воротников С.А.* Мультиагентная сенсорная система сервисного мобильного робота // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2012. Вып. 6. С. 50-59.
35. *Юсупов Р.М., Карпов А.А., Крючков Б.И., Ронжин А.Л., Сыркин Л.Д., Усов В.М.* Создание «интеллектуального окружения» на пилотируемом космическом комплексе для позиционирования мобильного робота – помощника экипажа // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Вып. 5. / Под ред. А.А. Обознова, А.Л. Журавлева. М.: Институт психологии РАН. 2013. С. 397-422.
36. *Юсупов Р.М., Ронжин А.Л., Прищепа М.В., Ронжин Ал.Л.* Модели и программно-аппаратные решения автоматизированного управления интеллектуальным залом // Автоматика и телемеханика. 2011. № 7. С. 39-49.
37. *Крючков Б.И., Усов В.М.* Создание моделей виртуальной реальности, как способ обучения космонавтов взаимодействию с роботом – помощником экипажа и как условие определение потенциальных областей его полезного применения // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», СПб: Политехника-сервис. 2013. С. 230-244.

## References

1. Karpov A.A., Karyuchkov B.I., Rogatkin D.A., Usov V.M. [Conceptual Approaches for Using Service Robots: Common Problems of Implementation (On the Example of Manned Space Exploration and High-Tech)]. *Biotechnosfera – Biotechnosphere*. 2013. no. 6. pp. 48-59. (In Russ.).
2. Prassler E., Ritter A., Schaeffer C., Fiorini P. A Short History of Cleaning Robots. *Autonomous Robots*. 2000. vol. 9(3). pp. 211-226.
3. Rooks B. Robots reach the home floor. *Industrial Robot: An International Journal*. 2001. vol. 28(1). pp. 27-28.
4. Kryuchkov B.I. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont v kosmose. Uchebno-spravochnoe posobie* [Technical service and maintenance in the space]. Star City. 2010. 258 p. (In Russ.).

5. Yusupov R.M., Kryuchkov B.I., Karpov A.A., Ronzhin A.L., Usov V.M. [Possibility of Application of Multimodal Interfaces on a Manned Space Complex to Maintain Communication Between Cosmonauts and a Mobile Robotic Assistant]. *Pilotiruemye polety v kosmos – Manned spaceflights*. 2013. no. 3(8). pp. 23-34. (In Russ.).
6. Yusupov R.M., Ronzhin A.L. From Smart Devices to Smart Space. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2010. vol. 80, no. 1. pp. 45-51.
7. Ronzhin A.L., Karpov A.A. [Development of interactive applications with multimodal interfaces] // *Doklady TUSUR – Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*. 2010. no. 1(21). Part 1. pp. 124-127. (In Russ.).
8. Ronzhin A., Karpov A., Leontyeva An., Kostuchenko B. [Development of the multimodal information kiosk]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2007. Issue 5. vol. 1. pp. 227-245. (In Russ.).
9. Karpov A., Ronzhin A. Information Enquiry Kiosk with Multimodal User Interface. Pattern Recognition and Image Analysis. 2009. vol. 19(3). pp. 546-558.
10. Ronzhin A., Karpov A. [Comparison of localization methods of a multimodal system user by his speech]. *Izv. vyssh. uchebn. zavedenij: Priborostroenie – Proceedings of the higher educational institutions: Instrumentation*. 2008. vol. 51, no. 11. pp. 41–47. (In Russ.).
11. Karpov A.A., Tsurulnik L.I., Zelezny M. [Development of a Computer System "Talking Head" for Text-to-Audiovisual-Speech Synthesis]. *Informatsionnye tekhnologii – Information technologies*. 2010. vol. 9. no. 8. pp. 13-18. (In Russ.).
12. Karpov A.A. [Cognitive study of an assistive multimodal user interface for hands-free human computer interaction]. *Informatika i ee primeneniia – Informatics and its applications*. 2012. vol. 6. no. 2. pp. 77-86. (In Russ.).
13. Lapitan D.G., Rogatkin D.A., Kulikov D.A., Rogatkin A.D. [Objective functions of service medical robots in a hospital]. *Sbornik materialov X mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii»* [Proceedings of 10th International conference "Physics and radioelectronics in medicine and ecology"]. Vladimir. 2012. pp. 228-230. (In Russ.).
14. Kraevsky S.V., Rogatkin D. A. [Medical robotics: the first steps of medical robots]. *Tekhnologii zhivyykh sistem – Technologies of Living Systems*. 2010. Vol. 7. no. 4. pp. 3-14. (In Russ.).
15. Rogatkin D.A., Lapitan D.G., Lapaeva L.G. [Conception of the mobile autonomous service medical robots]. *Biomeditsinskaya radioelektronika – Biomedical Radioelectronics*. 2013. no. 5. pp. 46-56. (In Russ.).
16. Kryuchkov B.I., Krikalev S.K., Salaev A.M., Usov V.M. [Human and a robot in a manned spacecraft]. *Sbornik nauchnykh statei po materialam dokladov na Pervom rossiisko-germanskom seminare po kosmicheskoi robototekhnike* [Proceedings of 1st Russian-German workshop on space robotics]. Stuttgart, 2012.
17. Kuafe F. *Vzaimodejstvie robota s vneshnej sredoj* [Interaction of a robot with an external environment]. M., 1985. 285 p. (In Russ.).
18. Kryuchkov B.I., Usov V.M. [Anthropocentric approach for organization of joint activity of astronauts and a robot-assistant of an android type]. *Pilotiruemye polity v kosmos – Manned spaceflights*. 2012. no. 3(5). pp. 42-57. (In Russ.).
19. Albani J.M. The Role of Robotics in Surgery: A Review. *Missouri Medicine*. 2007. vol. 104. no. 2. pp. 166-172.
20. O'Toole M.D., Bouazza-Marouf K., Kerr D., Gooroochurn M., Vloeberghs M. A methodology for design and appraisal of surgical robotic systems. *Robotica*. 2010. vol. 28(2). pp. 297-310.
21. Yurevich E.I. *Osnovy robototekhniki* [Basics of robotics]. SPb. 2005. 416 p. (In Russ.).

22. Lopota V.A., Minakov E.P., Yurevich E.I. [State-of-the-art and perspectives of development of Russian space robotics]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii «Aktual'nye problemy zashchity i bezopasnosti»* [Proceedings of All-Russian conference “Actual problems of defense and security”]. Spb., 2008. vol. 5. (In Russ.).
23. Lopota V.A., Yudin V.I., Yurevich E.I. [On a system approach to development of extreme robotics]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii «Aktual'nye problemy zashchity i bezopasnosti»* [Proceedings of All-Russian conference “Actual problems of defense and security”]. 2005. Spb., vol. 5, pp. 49-54. (In Russ.).
24. Gradetsky V.G., Fomin L.F. [Analysis of Dynamics of Control Motions of the Wall Climbing Robot with Multilink Manipulators]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie – Mechatronics, Automation, Control*. 2007. no. 12. pp. 9-12. (In Russ.).
25. Gradetsky V.G., Fomin L.F. [Providing to Function of the Integral Control System of Mobile Robot with Multilink Manipulator]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie – Mechatronics, Automation, Control*. 2005. no. 11. pp. 11-16. (In Russ.).
26. Timofeev A.V., Chernakova S.E., Litvinov M.V., Anichkov A.D., Polonskiy U.Z., Kozachenko A.V. [The medical aspects of development of man-machine interaction systems with using of virtual reality models for neurosurgery]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2008. Issue 6. pp. 184-196. (In Russ.).
27. Alferov G.V., Kulakov F.M., Nechaev A.I., Chernakova S.E. *Informacionnye sistemy virtual'noj real'nosti v mehatronike i robototekhnike* [Information systems of virtual reality in mechatronics and robotics]. Spb., 2006. 146 p. (In Russ.).
28. Kulakov F.M., Smirnov E.N., Lipatov A.E., Latipov V.N. [Information technology of addition of virtual object in the real world. Part 1]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2004. Issue 2, pp. 236-256. (In Russ.).
29. Kulakov F.M., Smirnov E.N., Lipatov A.E., Latipov V.N. [Information technology of addition of virtual object in the real world. Part 2]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2005. Issue 2, pp. 223-248. (In Russ.).
30. Mironov S.V., Yudin A.V. [Machine vision system in mobile object navigation challenges]. *Programmye produkty i sistemy – Software products and systems*. 2011. no. 1. pp. 10-16. (In Russ.).
31. Sokolov S.M. [Problems of machine vision in robotics and automation of industry]. *Budushchee prikladnoi matematiki. Lektsii dlia molodykh issledovatelei* [Future of applied mathematics. Lectures for young researchers]. M., 2004. pp. 343-373. (In Russ.).
32. Samarin A.I. [Multi-sensor navigation systems for local positioning]. *Sovremennaia Elektronika – Modern electronics*. 2006. no. 6. pp. 10-17. (In Russ.).
33. Arkadiev V.B., Vlasenko A.N., Lapin O.E. [Multi-sensor system in a mobile robotics complex for search, localization and identification of sources of gamma rays]. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Ekstremal'naiia robototekhnika»* [Proceedings of the International scientific and technological conference “Extreme robotics”]. Spb. 2011. (In Russ.).
34. Ermishin K.V., Vorotnikov S.A. [Multi-agent sensor system of a service mobile robot]. *Vestnik MGTU im. Baumana. Ser. Priborostroenie – Herald of the Bauman Moscow State Technical University*. 2012. no. 6. pp. 50-59. (In Russ.).
35. Yusupov R.M., Karpov A.A., Kryuchkov B.I., Ronzhin A.L., Syrkin L.D., Usov V.M. [Development of an “intelligent environment” in the manned spacecraft for positioning mobile robot-assistant]. *Aktual'nye problemy psikhologii truda, inzhenernoi psikhologii i ergonomiki – Actual problems of labour psychology, engineering psychology and ergonomics*. M., 2013. Issue 5. pp. 397-422. (In Russ.).
36. Yusupov R.M., Ronzhin An.L., Prischepa M., Ronzhin A.L.L. Models and hardware-software solutions of automated control of intelligent meeting room facilities. *Automation and Remote Control*. 2011. vol. 72. no. 7. pp. 39-49.

37. Kryuchkov B.I., Usov V.M. [Creation of virtual reality models as a way of learning astronauts for communication with a robot-assistant of crew and as a condition for detection of potential areas of its application]. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Ekstremal'naya robototekhnika»* [Proceedings of International scientific and technological conference “Extreme robotics”]. 2013. pp. 230-244.

**Крючков Борис Иванович** — д-р техн. наук, заместитель начальника по научной работе Научно-исследовательского испытательного центра подготовки космонавтов имени Ю.А.Гагарина. Область научных интересов: пилотируемые полеты в космос, космическая робототехника. Число научных публикаций — 200. bik43@mail.ru; Звездный городок, Московская область, Россия, 141160, РФ; p.t. +7(495)526-3407, факс +7(495)526-2612.

**Kryuchkov Boris Ivanovich** — Ph.D., Dr. Sci., Deputy Director for Research, Federal State Organization “Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center”. Research interests: manned space exploration, space robotics. The number of publications — 200. bik43@mail.ru; Star City, Moscow Region, 141160, Russia; office phone +7(495)526-3407, fax +7(495)526-2612.

**Карпов Алексей Анатольевич** — д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории речевых и многомодальных интерфейсов ФГБУН Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Область научных интересов: автоматическое распознавание речи, многомодальные интерфейсы, аудиовизуальное распознавание и синтез речи. Число научных публикаций — 180. karpov@iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; p.t. +7(812)328-7081, факс +7(812)328-7081.

**Karpov Alexey Anatolyevich** — Ph.D., Dr. Sci., Assoc. Professor, Leading researcher, Speech and Multimodal Interfaces Laboratory, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: automatic speech recognition, multimodal interfaces, audio-visual speech recognition. The number of publications — 180. karpov@iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-7081, fax +7(812)328-7081.

**Усов Виталий Михайлович** — д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского испытательного центра подготовки космонавтов имени Ю.А.Гагарина. Область научных интересов: пилотируемые полеты в космос, космическая и военная медицина, космическая робототехника. Число научных публикаций — 120. khoper.1946@gmail.com; Звездный городок, Московская область, Россия, 141160, РФ; p.t. +7(495)526-3407, факс +7(495)526-2612.

**Usov Vitali Mikhailovich** — Ph.D., Dr. Sci., Professor, Chief researcher, Federal State Organization “Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center”. Research interests: manned space exploration, space and military medicine, space robotics. The number of publications — 120. khoper.1946@gmail.com; Star City, Moscow Region, 141160, Russia; office phone +7(495)526-3407, fax +7(495)526-2612.

**Поддержка исследований.** Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-08-01265-а).

**Acknowledgements.** This research is partially supported by RFBR (project № 12-08-01265-а).

## РЕФЕРАТ

*Крючков Б.И., Карпов А.А., Усов В.М.* **Перспективные подходы к применению сервисных роботов в области пилотируемой космонавтики.**

В данной статье описаны перспективные направления к использованию сервисных роботов (роботов-ассистентов) в области пилотируемой космонавтики. Проанализированы концептуальные подходы к организации внутренней среды сервисных роботов и внешней рабочей среды для совместной деятельности человека и сервисного робота.

Прогрессу технологий робототехники способствует успешное решение двух задач: наделение роботов новыми способностями выполнять все более разнообразные и сложные функции, ранее доступные только человеку, и доказательство полезности для повседневной практики этих функций в исполнении роботов.

В статье предложен концептуальный подход к описанию эргатической системы «космонавт – сервисный робот – рабочая среда пилотируемого комплекса» в терминах принципов её организации, построения внутренней среды роботов и создания интеллектуального окружения с набором ассистивных функций, облегчающих космонавту мониторинг активности мобильных автономных сервисных роботов внутри рабочего пространства пилотируемого комплекса.

Также представлены направления внедрения сервисных роботов и принципы их использования в пилотируемой космонавтике, подходы к организации внутренней и внешней среды сервисных роботов. Анализ тенденций развития робототехники показал актуальность создания и применения сервисных роботов, предназначенных для оказания помощи и поддержки деятельности космонавтов, работающих внутри пилотируемых космических станций (например, на Международной космической станции).

## SUMMARY

### *Kryuchkov B.I., Karpov A.A., Usov V.M.* **Promising Approaches for the Use of Service Robots in the Domain of Manned Space Exploration.**

In this paper, we describe some prospective directions of the use of service robots (robot-assistants) in the high-tech domain of manned space exploration. We analyze conceptual approaches for the organization of an internal environment of service robots and an external work environment for joint functioning a human-operator and a service robot.

Progress of technologies in robotics depends on successful solution of two challenges: empowering robots with new abilities to perform more various and complex features, which were available only to a human being, as well as proof of usefulness of these functions performed for everyday practice by robots.

In the paper, we propose a conceptual approach for description of an ergatic system "astronaut – service robot – operating environment of a manned spacecraft" in terms of principles of its organization, building robot's internal environment and creation of an intellectual environment with a set of assistive functions facilitating activity monitoring of mobile autonomous service robots inside the operating environment of a manned spacecraft.

We also discuss directions of service robots implementation, principles of their usage in manned space exploration domain, approaches for organization of the internal environment and external environment of service robots. The analysis of tendencies of robotics development has shown on urgency of development and application of service robots aimed for assistance and information support in activity of astronauts working inside manned spacecrafts (for example, in the International Space Station).