



# OSTIS-2016

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.89;94

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНТЕРАКТИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПЛАНИРУЕМЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ДИАЛОГОВОМ УПРАВЛЕНИИ РОБОТОМ- ПОМОЩНИКОМ КОСМОНАВТА НА МКС

Крючков Б.И.<sup>\*</sup>, Усов В.М.<sup>\*</sup>, Карпов А.А.<sup>\*\*</sup>

*<sup>\*</sup>Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина,  
Звёздный городок Московской области, Россия*

**b.kryuchkov@gctc.ru**  
**v.usov@gctc.ru**

*<sup>\*\*</sup>Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук  
(СПИИРАН), г. Санкт-Петербург, Россия*

**karpov@iias.spb.su**

Для обеспечения безопасности пилотируемых космических полетов применительно к внутрикорабельной деятельности (ВнуКД) экипажа на борту МКС предлагается использование интерактивных виртуальных сред на базе онтологического подхода для визуального представления планируемых действий робота-помощника космонавта (Р-ПК) во время речепроизводства голосовых команд человека-оператора (Ч-О). Представлен результат анализасовременных информационных технологий и средств для поддержки эргономического проектирования системы «космонавт – робот-помощник – рабочая среда».

**Ключевые слова:** робот-помощник космонавта (Р-ПК), диалоговое управление, голосовые команды, человек-оператор (Ч-О), виртуальные среды, 3D-визуализация, онтологии.

### Введение

Практика подготовки космонавтов к выполнению пилотируемых космических полётов показывает выраженную тенденцию расширения применения виртуальных интерактивных сред (англ.: Virtual Interactive Environments, VIE) и технологий виртуальной реальности (англ.: Virtual Reality Technology, VRT): от настольных компьютерных обучающих систем до тренажеров. В русле задач дистанционного управления роботом-помощником космонавта (Р-ПК) при внутрикорабельной деятельности (ВнуКД) на МКС в работах [Крючков и др., 2014а; 2014б] рассматривается использование: 1) многомодальных человеко-машинных интерфейсов [Юсупов, 2013а; Карпов, 2012], и, в том числе, для управления Р-ПК в режиме диалога [Ющенко, 2009; Загоруйко, 2013; Крючков и др., 2014б] и 2) предложенной в работах [Тимофеев и др., 2006; 2008] технологии «внешнего наблюдателя» на базе VIE и VRT.

Применение указанных технологий является важным элементом обеспечения безопасности проектируемых полетных операций на МКС, поскольку при этом расширяются возможности Ч-О по выполнению мониторинга состояния рабочей

среды и контролю действий Р-ПК при внутрикорабельной деятельности (ВнуКД) экипажа. На современном этапе развития космической робототехники технологии VIE могут сыграть ключевую роль в составе исследовательских стендов для эргономического проектирования сложных систем «Ч-О – Р-ПК – рабочая среда».

### 1. Применение интерактивных визуальных сред при диалоговом управлении Р-ПК

#### 1.1. Построение модели мира Р-ПК на основе технологий "обучение показом движения" для диалогового управления

Подход к построению «модели внешнего мира» Р-ПК является определяющим с точки зрения наделяния искусственного интеллекта способностями к рациональному взаимодействию с Ч-О при выполнении сложных видов ВнуКД. Необходимо выполнять ряд условий, чтобы была обеспечена единая трактовка голосовых команд участниками диалога. Предполагается, что Р-ПК должен быть известен (то есть заранее запрограммирован) способ реализации

исполнительного действия, которое предписано командой. Вопросы предварительного формирования способа действий исследованы в работах Ф.М.Кулакова по методу «обучения показом движения» [Крючков и др., 2013]. Особый интерес представляет [Cantrell et al., 2011], в которой продемонстрировано создание новых сценариев взаимодействия на основе одновременного формирования голосовых инструкций роботу и демонстрации способов выполнения действий.

## **1.2. Когнитивные составляющие взаимодействия интеллектуальных агентов при диалоговом управлении Р-ПК**

Необходимость создания и исследования искусственных сред визуализации при управлении Ч-О динамическим объектом и при контроле сложно организованной рабочей среды с психологической точки зрения определяется визуализированным характером образных представлений человека, которые лежат в основе регуляции когнитивной активности Ч-О и формирования управляющих действий [Завалова и др., 1986]. Это положение справедливо для выполнения Ч-О контроля активности Р-ПК в рабочем пространстве МКС при ВнуКД экипажа. В работе [Ющенко, 2009] также указывается на «когнитивную составляющую, связанную с диалоговым управлением» (когнитивного робота). Сопоставление этих взглядов на когнитивный характер задачи контроля текущего состояния рабочей среды и планирование активности робота позволяет говорить о когнитивно-регулятивной основе построения взаимодействия в системе «Ч-О – Р-ПК – рабочая среда». Приантропоцентрическом подходе к распределению функций в этой человеко-машинной системе диалоговое управление предлагается строить с использованием такой «модели внешнего мира» Р-ПК (как исполнительного звена системы), которая позволяет идентифицировать и выполнить все командные предписания Ч-О. Однако при этом космонавт (как центральное звено системы) должен быть способен сформировать цель действия, выбрать объект воздействия, спрогнозировать результат действия и проконтролировать на этой основе не только активность Р-ПК, но и правильность выдачи им самим предустановленных голосовых команд (в режиме самопроверки качества речепроизводства). Это важный элемент системы обеспечения безопасности пилотируемого полета. В этом заключена суть предлагаемой модели распределения функций в человеко-машинной системе и требуемый уровень искусственного интеллекта Р-ПК, достаточный для ведения диалога.

## **1.3. Применение многомодальных интерфейсов и речевых команд при управлении Р-ПК**

Реализации диалогового управления Р-ПК в приведенных выше предположениях строится на основе речевого интерфейса, ориентированного на

использование Ч-О проблемно-ориентированного языка общения с роботом, который является основой для передачи команд (в том числе, в виде командных скриптов) в «верхний контур управления» Р-ПК, который собственно и предназначен для интерфейса с Ч-О [Ющенко, 2009; Загоруйко, 2013]. Авторы работ [Карпов, 2014; Ющенко, 2009; Крючков и др., 2014b] видят преимущество этого типа интерфейса в том, что он наиболее естественен для Ч-О, задача построения органов управления Р-ПК упрощается, поскольку она практически не требует формирования сложных двигательных навыков Ч-О и применения специальных конструкций органов управления типа многостепенных ручек, носимого костюма – «экзоскелета» и других устройств [Ющенко, 2009]. Методическая схема построения и реализации диалогового управления может быть условно разделена на две фазы (рис.1).

Для улучшения «включенности» Ч-О в текущую ситуацию при построении диалогового управления в общем случае необходимо помимо визуального представления виртуальной среды сохранить возможность предъявления Ч-О символично-графической информации, соответствующей уровню декларативного описания задач предметной деятельности по схеме: «полетная операция – варианты построения сценариев ее выполнения – состав объектов воздействия и циклограммы действий – начальное и конечное состояние реального мира до- и после выполнения операции».

Одновременно необходимо осуществлять текстовое отображение распознанной голосовой команды Ч-О с указанием найденного в базе данных соответствия для нее некоторой скриптовой команды для выполнения заранее сформированного действия. Другими словами, выполняется контроль полноты «модели внешнего мира» Р-ПК с точки зрения состава когнитивных задач, решаемых Ч-О, а именно: должно выполняться требование, чтобы структура голосовой команды учитывала онтологическое описание внешнего мира, включающего как «описание объектов для выполнения операции, так и пространственных отношений между объектами внешнего мира, включая сам робот» [Ющенко, 2009; Загоруйко, 2013]. На этом же уровне обеспечения надежности взаимодействия Ч-О с Р-ПК необходимо предусматривать средства контроля ошибок распознавания речи Ч-О при неблагоприятной акустической обстановке на МКС или из-за сбоев в процессе речепроизводства (оговорок, пропуска слогов, нечеткого произношения, неправильных сокращений и др., в условиях стресса).

В фазе ведения диалога с Р-ПК в распоряжении Ч-О должен иметься программно-аппаратный комплекс, предназначенный для распознавания голосовой команды Ч-О, тестового отображения на средствах электронной индикации результатов ее идентификации и соответствующего голосовой команде скрипта.

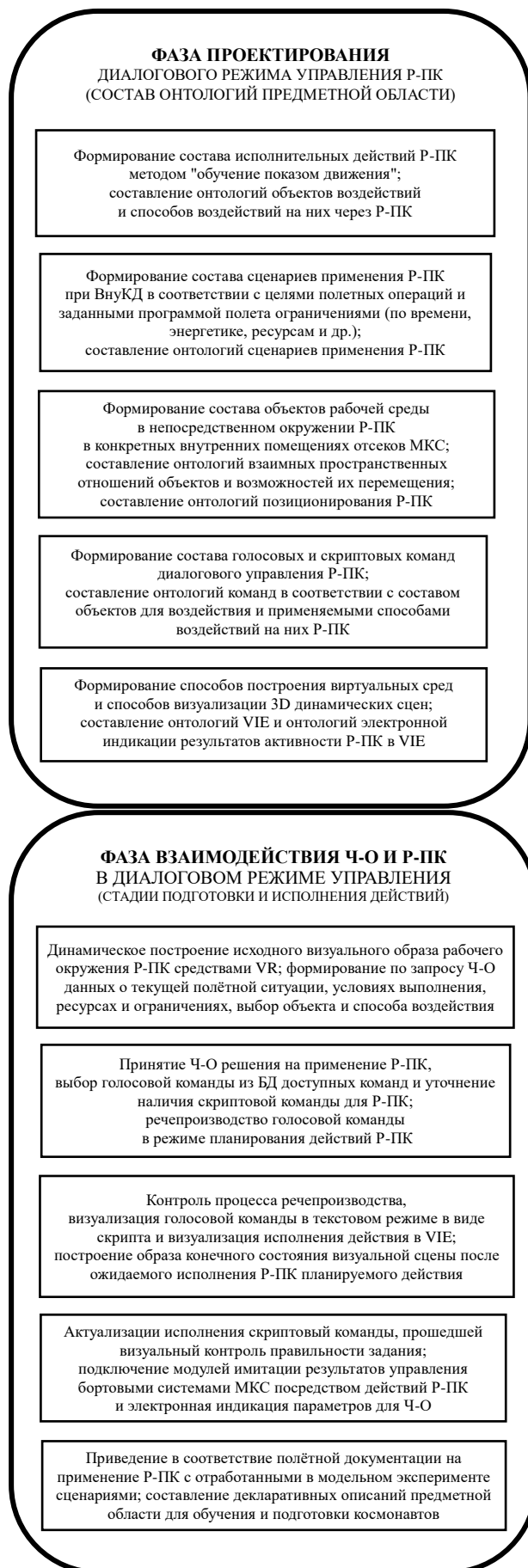


Рисунок 1 – Схема проектирования (вверху) и реализации (снизу) диалогового управления Р-ПК на базе онтологического подхода

В качестве системы автоматического распознавания русской речи можно использовать, например, систему СИРИУС, представленную в работах [Кипяткова и др., 2011; Karpov et al., 2014].

#### 1.4. Построение онтологий VIE для исследования сценариев диалогового взаимодействия Ч-О с Р-ПК

Необходимо иметь в виду, что человеко-машинная система "Ч-О – Р-ПК" входит в состав более сложной организационно-технической системы (СОТС) «экипаж – МКС – ЦУП», а потому активность Р-ПК необходимо рассматривать не только в аспектах непосредственного взаимодействия с элементами окружения рабочей среды, но и ожидаемых последствий воздействий на органы управления бортовыми системами МКС.

Для выполнения этого условия могут использоваться различные средства информационной поддержки в рамках концепции «интеллектуального окружения» [Юсупов, 2013b, Крючков, 2014d], а также доступная телеметрическая информация, получаемая с высоко реалистической модели имитации функционирования МКС, например, с комплексного тренажера орбитальной станции. В этой связи в работах [Афанасьев, 2005; Подшивалов, 2005] вводится понятие «индуцированной виртуальной среды» (англ.: Induced Virtual Environment, IVE), функционирующей в режиме реального времени и воспроизводящей поведение моделируемой системы на основе поступающих данных от средств измерения и телеметрии от компонентов СОТС.

Именно технологии IVE наиболее интересны с точки зрения анализа безопасности выполнения полетных операций, когда в текущую ситуацию включена активность нового агента, Р-ПК.

В составе эргатических систем «Ч-О – Р-ПК – рабочая среда» Ч-О принимает решения на основе анализа всех поступающих данных из имитационной модели и передает команды управляемой системе (в данном случае, в контур управления верхнего уровня Р-ПК), и при этом Ч-О должен учитывать не только результат исполнения команды Р-ПК, но и последствия для состояния той реальной имитируемой системы, на звенья которой осуществлено воздействие. Можно пояснить этот нюанс, указав на значимые различия ситуаций в случаях:

- 1) перемещения/размещения Р-ПК внутри МКС какого-то груза;
- 2) воздействий манипуляторами робота на органы управления бортовыми системами (кнопки и тумблеры на пультах управления, включение и выключение, настройка контуров аппаратуры и др.) при ВнукД.

Для этого виртуальная на исследовательском стенде и (имитируемая на комплексном тренажере) реальная среды рассматриваются в единстве

текущего информационного обеспечения операторских задач контроля ситуации, а моделирование виртуальных объектов и явлений осуществляется в едином масштабе времени и в жесткой связи с теми явлениями и процессами, которые происходят в реальном мире.

Применение IVE преследует цель интеграции отображаемых Ч-О данных от датчиков и сенсоров, получающих информацию о процессах в реальном физическом мире, и визуализации 2-х типов данных, а именно, тех, которые:

- 1) синтезированы путем цифрового моделирования;
- 2) доступны наблюдению из реальной среды оптическими средствами.

Применение VIE в тех ограничениях, которые перечислены выше, требует [Крючков и др., 2014с]:

- 1) Разработки 3D-модели объектов виртуального мира.
- 2) Описания сценариев поведения для моделей объектов и возможного изменения отображения в виртуальной среде.
- 3) Формирования для контролируемых Ч-О объектов виртуального окружения Р-ПК «видимости» при конкретных положениях «внешнего наблюдателя» – определяется положение объектов относительно друг друга, их размер, повороты и другие необходимые атрибуты, исходя из разработанных онтологий.
- 4) Описания возможных сценариев влияния объектов друг на друга, в том числе коллизий и контактного взаимодействия.
- 5) Описания возможных изменений объектов виртуального мира при воздействии на них активных агентов (как самих членов экипажа, так и при задействовании манипуляторов Р-ПК).
- 6) Включения описаний действий каждого активного агента при его взаимодействии с объектами среды для реализации свойств интерактивности, исходя из соответствующего декларативного описания сценариев.

Очевидно, что для варианта ВнуКД важную часть исходной информации для синтеза моделей объектов среды и индикации их позиционирования даёт априорно построенная цифровая карта всех внутренних помещений, в которой планируется осуществлять передвижения мобильного робота [Крючков и др., 2014а].

## **2. Возможности применения облачных виртуальных сред для проектирования интерфейсов системы «Ч-О – Р-ПК»**

В настоящее время отмечается большой интерес к разработке инструментария для создания VIE, чтобы упростить их разработку и сопровождение. Для достижения этой цели может быть использован онтологический подход, в соответствии с которым «разработчики виртуальных сред формируют проект в терминах онтологии, который затем

интерпретируется в готовое приложение» [Грибова и др., 2012]. Данный подход может упростить решение ряда практически важных методических вопросов, ускорить разработку онтологий.

### **2.1. Поддержка командной работы специалистов различного профиля**

Ввиду обширности предметной области профессиональной подготовки космонавтов, многоаспектности профессиональных задач экипажа при ВнуКД и разнообразия состава объектов профессиональной рабочей среды, представляется актуальным при разработке и развитии комплекса технических средств подготовки космонавтов обеспечить коллективную работу специалистов многих специальностей в единой команде и на едином инструментарии, упрощающего создание и сопровождение VIE. Возможные решения в этой области показаны в работах ряда авторов в русле тематики разработки клиент-серверных облачных сервисов и приложений [Клещев и др., 2012; Афанасьев, 2005; Диков и др., 2012; Шукшунов и др., 2013].

Инструментарий для разработки виртуальных сред может быть реализован на облачной платформе IASPaas [Клещев и др., 2012], которая представляет собой программно-информационный интернет-комплекс для обеспечения поддержки разработки, управления и удаленного использования прикладных и инструментальных мультиагентных облачных сервисов (прежде всего интеллектуальных) и их компонентов. «Средствами платформы должен обеспечиваться контролируемый доступ всем участникам разработки к той функциональности, которая им необходима, а также предоставляются соответствующие средства разработки» [Грибова и др., 2012]. Исходя из потребностей развития комплекса технических средств подготовки космонавтов, а также, средств эргономического проектирования, рассмотрим далее преимущества такого инструментария.

### **2.2. Включение в проектирование VIE специалистов различного профиля и разделение работ между ними**

Идеология создания готовых приложений с виртуальной реальностью, предложенная в [Грибова и др., 2012], предполагает технологию разработки VIE, в которой каждый этап разработки осуществляется специалистами различного профиля, и при этом каждому профилю специалистов предлагается соответствующий инструмент разработки. В этой работе выделены следующие основные участники процесса разработки: эксперты предметной области, графические дизайнеры, дизайнеры пользовательского интерфейса и программисты. При этом подчеркнуто, что отдельной задачей является обеспечение согласованности (полноты и непротиворечивости) всех компонентов VIE.

В ходе проектирования сценариев использования Р-ПК и человеко-машинного диалога необходимо получить единообразные описания состава объектов в модулях МКС, их свойств, отношений, возможных действий и команд Ч-О в VIE, а также результаты, к которым могут привести эти действия. На этой основе формируется визуальное представление VIE и определяется логика ее работы.

В соответствии с современным подходом к разработке интеллектуальных систем, база знаний должна разрабатываться и сопровождаться экспертами предметной области с помощью редакторов знаний [Грибова и др., 2012]. В этой работе предлагается выделить знания экспертов в отдельную компоненту и предусмотреть программное средство (редактор), управляемый унифицированной онтологией виртуальной среды для управления экспертными знаниями. Декларативное представление знаний, отделенное от логики работы технической системы, по мнению авторов, позволяет на протяжении жизненного цикла их модифицировать и уточнять, так как экспертные знания являются самым «подвижным и живым» компонентом любой системы.

### **2.3. Интеграция инструментария платформы IASPaSc внешними программными системами**

Как следует из работы [Клещев и др., 2012], платформа IASPaS имеет механизм работы с внешними (удаленными) программными системами, включая программный интерфейс (API), который может быть использован для интеграции программного обеспечения, например, такие как сервис распознавания речи ([Карпов, 2014; Ющенко, 2009; Крючков и др., 2014b]), сервис аппаратного управления роботами и др.

### **Заключение**

По результатам анализа проблемы выбора возможных решений в данной работе предлагается:

1) применение для диалогового управления роботом управляющих данных, сформированных заранее на основе предопределенных голосовых команд, которые соответствуют набору предусмотренных сценариев использования Р-ПК, описаниям типовых ситуаций активности Р-ПК в рабочей среде и объектов для воздействия;

2) предварительное построение виртуальной сцены с визуализацией для Ч-О в виде 3D динамического образа планируемого действия Р-ПК и сцены рабочего окружения;

3) построение модели внешнего мира Р-ПК на основе онтологий, посредством задания отношений работа с объектами рабочей среды, в том числе, в категориях безопасности для Ч-О и СОТС в целом;

4) динамическое построение визуального образа рабочего окружения Р-ПК (в части взаимодействия с объектами) на основе многосенсорного измерения параметров, которые доступны из реальной среды,

применения средств телеметрии и оптического наблюдения.

При разработке онтологий предметной области предполагается использовать базы данных декларативных описаний полетных операций, представленных в бортовой документации МКС с тем существенным уточнением, что для интерактивного управления Р-ПК необходим тщательный отбор фрагментов инструкций и описаний, которые непосредственно относятся к сфере диалогового управления Р-ПК и допускают его применение в конкретных динамических режимах пилотируемого полета [Соловьёв и др., 2012; Кравченко и др., 2013].

### **Благодарности**

Исследование выполняется при частичной финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (проект № МД-3035.2015.8) и фонда РФФИ (проект № 15-07-04415-а).

Авторы также выражают признательность В.В.Грибовой и ее сотрудникам за внимание к данной работе, конструктивную критику и содействие в написании статьи, в частности, предоставленные материалы для раздела 2.

### **Библиографический список**

- [Афанасьев, 2005] Афанасьев, В.О. Модели структур и данных для решения задач управления поведением и взаимодействием объектов в индуцированной виртуальной среде / В.О. Афанасьев // Космонавтика и ракетостроение, №2(39), Изд-во ЦНИИМаш, 2005. С.168-179.
- [Грибова и др., 2011] Грибова, В.В. Разработка виртуального мира медицинского компьютерного обучающего тренажера / В.В. Грибова, М.В. Петряева, Л.А. Федорищев // Дистанционное и виртуальное обучение. №9, 2011. С.56-66.
- [Грибова и др., 2012] Грибова, В.В. Обучающие виртуальные системы и средства их создания / В.В. Грибова, Л.А. Федорищев // Вестник информационных и компьютерных технологий. 2012. №3. С. 48-51.
- [Диков и др., 2012] Диков, Д.А. Подход к проблеме удаленной визуализации сложных 3D-моделей на базе поVNC-решений / Д.А.Диков, Г.И.Радченко // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского 2012. №5(2). С.328-331.
- [Завалова и др., 1986] Завалова, Н.Д. Образ в системе психической регуляции деятельности. / Н.Д. Завалова, Б.Ф.Ломов, В.А. Пономаренко. М.: Наука, 1986, 173 с.
- [Загорулько, 2011] Загорулько, Ю.А. Моделирование работа, управляемого речевыми сигналами. / Ю.А. Загорулько // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. №5. С.98-102.
- [Карпов, 2012] Карпов, А.А. Когнитивные исследования ассистивного многомодального интерфейса для бесконтактного человеко-машинного взаимодействия / А.А. Карпов // Информатика и ее применения. 2012. Т.6. № 2. С.77-86.
- [Карпов, 2013] Карпов, А.А. Ассистивные информационные технологии на основе аудиовизуальных речевых интерфейсов // Труды СПИИРАН, 2013, Вып. 27, С.114-128.
- [Кипяткова и др., 2011] Кипяткова, И.С. Опыт разработки модели распознавания речи со сверхбольшим словарем / И.С. Кипяткова, А.А. Карпов // Материалы Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии

проектирования интеллектуальных систем» OSTIS-2011, Минск, Беларусь, 2011, С. 409-412.

[Клещев и др., 2012] Клещев, А.С. Облачная платформа для разработки и управления интеллектуальными системами / Клещев А.С., Грибова В.В. [и др.]; // OSTIS-2011: Тр. конф. Минск, 2011. С.5-14.

[Кравченко и др., 2013] Кравченко, С.И. Виртуальные руководства научными космическими экспериментами на борту международной космической станции / Е.И. Жук, С.С. Обыденков, С.И. Кравченко, В.В. Степанов, А.С. Потоцкая // Программные продукты и системы. 2013 год, №3 С.72-77.

[Крючков и др., 2013] Крючков, Б.И. Создание моделей виртуальной реальности, как способ обучения космонавтов взаимодействию с роботом – помощником экипажа и как условие определение потенциальных областей его полезного применения / Б.И. Крючков, В.М. Усов // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», СПб: Политехника-сервис. 2013. С.230-244.

[Крючков и др., 2014а] Крючков, Б.И. Перспективные подходы к применению сервисных роботов в области пилотируемой космонавтики / Б.И. Крючков, А.А. Карпов, В.М. Усов. // Труды СПИИРАН. 2014. Вып. 32. С.125-151.

[Крючков и др., 2014б] Крючков, Б.И. Организация речевого взаимодействия человека-оператора с антропоморфным мобильным роботом для ведения пространственной ориентировки в условиях невесомости / Б.И. Крючков, А.А. Карпов, В.М. Усов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Сб. трудов XVII Международной конференции – Самара, Самарский научный центр РАН, 2015 С.522-527.

[Крючков и др., 2014с] Крючков, Б.И. Технологии моделирования для эргономического проектирования системы «космонавт – манипуляционный робот – рабочая среда» / Крючков Б.И., Михайлюк М.В., Усов В.М. // Материалы конференции «Управление в морских и аэрокосмических системах» (УМАС-2014). СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электрон», 2014. С.367-377.

[Крючков и др., 2014д] Крючков, Б.И.. Перспективные направления робототехники для поддержки социально значимых сфер активности человека (на примере сервисных роботов в пилотируемой космонавтике) / Б.И.Крючков, А.А.Карпов, В.М.Усов // Электронный научно-практический журнал «ИнноЦентр» Вып. № 3(4) ноябрь 2014 // Электронный ресурс, URL: <http://innoj.tversu.ru/number4.html>

[Подшивалов, 2005] Подшивалов, А.Ю. Использование индуцированной виртуальной среды для развития концепции управления с обратной связью. / А.Ю. Подшивалов // Электронный журнал "Исследовано в России", 2005, № 38, С.411-418.

[Соловьёв и др., 2012] Соловьёв, В.А. Текущее состояние и перспективы развития системы управления полетами космических аппаратов(окончание). / В.А. Соловьёв, В.Е. Любинский, Е.И. Жук // Пилотируемые полеты в космос 2012, №3(5). С. 29-33.

[Тимофеев и др., 2006] Информационные технологии и мехатронные устройства для интеллектуальных медицинских систем. / А.В. Тимофеев [и др.]; // Информационно-управляющие системы, 2006, № 4. С.45-49.

[Тимофеев и др., 2008] Тимофеев, А.В. Медицинские аспекты разработки систем человеко-машинного взаимодействия с использованием моделей виртуальной реальности для нейрохирургии. / А.В. Тимофеев [и др.]; // Труды СПИИРАН. 2008. Вып. 6. С.184-196.

[Шукшунув и др., 2013] Шукшунув, В.Е. Основы разработки и создания интегрированных учебно-тренажерных комплексов для оснащения центров подготовки специалистов по управлению динамическими объектами / Шукшунув В.Е., Янюшкин В.В. // Программные продукты и системы. № 3, 2013. С.3-10.

[Юсупов и др., 2013а] Юсупов, Р.М. Возможности применения многомодальных интерфейсов на пилотируемом космическом комплексе для поддержания коммуникации космонавтов с мобильным роботом – помощником экипажа. / Р.М. Юсупов, Б.И. Крючков, А.А. Карпов, А.Л. Ронжин, В.М. Усов // Пилотируемые полеты в космос. 2013. № 3. С.23-34.

[Юсупов и др., 2013б] Юсупов, Р.М. Создание «интеллектуального окружения» на пилотируемом космическом комплексе для позиционирования мобильного робота – помощника экипажа / Юсупов Р.М. [и др.] // 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.

[Ющенко, 2009] Ющенко, А.С. Диалоговое управление роботами с использованием нечетких моделей // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. / А.С. Ющенко // Сборник трудов V-й международной научно-практической конференции (Коломна, 28-30 мая 2009 г.). М.: Физматлит, 2009. Т.1. С.97-108.

[Cantrell et al., 2011] Cantrell, R. Learning actions from human-robot dialogues / by Rehj Cantrell , J. Benton , Kartik Talamadupula , Subbarao Kambhampati , Paul Schermerhorn , Matthias Scheutz // In: Proc. IEEE, 2011, URL: [http://www.researchgate.net/publication/224256250\\_Learning\\_action\\_s\\_from\\_human-robot\\_dialogues](http://www.researchgate.net/publication/224256250_Learning_action_s_from_human-robot_dialogues)

[Karpov et al., 2014] Karpov, A. Large vocabulary Russian speech recognition using syntactico-statistical language modeling /A.Karpov, K.Markov, I.Kipyatkova, D.Vazhenina, A.Ronzhin // Speech Communication. Elsevier, 2014, Vol. 56, pp. 213-228.

## AN ONTOLOGICAL APPROACH FOR DESIGNING INTERACTIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR A VISUAL REPRESENTATION OF PLANNED ACTIONS DURING DIALOGUE CONTROLLING A ROBOT-ASSISTANT ON-BOARD OF THE ISS

Kryuchkov B.I. \*, Usov V.M. \*, Karpov A.A. \*\*

\*Yu. A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, Star city, Moscow region, Russia  
[b.kryuchkov@gctc.ru](mailto:b.kryuchkov@gctc.ru)  
[v.usov@gctc.ru](mailto:v.usov@gctc.ru)

\*\*St. Petersburg Institute for Informatics and automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), Saint-Petersburg, Russia  
[karpov@ias.spb.su](mailto:karpov@ias.spb.su)

To ensure the safety of manned space flights for purposes of IVA of cosmonauts on the ISS is proposed the use of virtual interactive environments (VIE) on the basis of the ontological approach for visual representation of the planned actions of the robot-assistant of cosmonauts (R-A) during the speech production of voice commands of a human operator (H-O). An analysis of available information technologies to support the ergonomic design of the systems "cosmonaut –robot-assistant–working environment" is presented.

**Keywords:** robot-assistant (R-A) in intra-vehicular activity (IVA) of cosmonauts, dialog management, voice commands, Human-Operator (H-O), virtual interactive environment (IVE), 3D-visualization, ontology.