

ЭТАПЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОСМОНАВТА С АНТРОПОМОРФНЫМ РОБОТОМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ В КОПИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ

В.Г. Сорокин, Е.А. Дудоров

Канд. воен. наук, доцент В.Г. Сорокин
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Канд. техн. наук, доцент Е.А. Дудоров (АО «НПО «Андроидная техника»)

Перспективные проекты освоения Луны предполагают широкое использование робототехнических систем космического назначения. В статье рассматриваются вопросы определения этапов информационного взаимодействия космонавта с антропоморфным роботом космического назначения в копирующем режиме. Выявление этих этапов способствует определению конструктивных особенностей при создании не только копирующих, но и автоматических роботов, предназначенных для взаимодействия с космонавтами при выполнении ими профессиональной деятельности в процессе осуществления долговременного межпланетного пилотируемого космического полета. Кроме того, определение этапов информационного взаимодействия космонавта с антропоморфным роботом космического назначения в копирующем режиме весьма актуально. Уникальные эксперименты с антропоморфным роботом «Фёдор», проведенные на Международной космической станции в августе-сентябре 2019 года в рамках космического эксперимента «Испытатель», обозначили необходимость выполнения поэтапного анализа полученных результатов.

Ключевые слова: антропоморфный робот, алгоритм, действие, информационное взаимодействие, копирующее управление, космонавт, модель, операция, процесс, система «космонавт–робот–среда», этап.

Phases of Information Interaction of a Cosmonaut with a Space Humanoid Robot in a Master-Slave Mode. V.G. Sorokin, E.A. Dudorov

The future projects of lunar exploration suppose a wide use of robotic systems of space purposes. The paper tackles the issues of determining phases of information interaction of a cosmonaut with a space humanoid robot in a master-slave mode. The identification of these phases helps to determine the construction features of both master-slave robots and automatic robots designed to assist cosmonauts in the course of their professional activity in long-duration interplanetary missions. Furthermore, the determination of phases of information interaction of a cosmonaut with a space humanoid robot in a master-slave mode is quite topical. The unique experiments with the Fyodor humanoid robot conducted under the Ispytatel space experiment aboard the International Space Station in August-September, 2019, emphasized the need to analyze the obtained results step-by-step.

Keywords: humanoid robot, algorithm, action, information interaction, master-slave control, cosmonaut, model, operation, process, “cosmonaut–robot–environment” system, phase.

Государственная политика Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу, утвержденная президентом Российской Федерации (Пр-906 от 19 апреля 2013 г.) [1], определяет задачи государственной политики в области космической деятельности по развитию пилотируемых космических полетов, в т.ч. предполагает разработку роботизированных средств для изучения и освоения Луны. Решение этой задачи возможно при условии определения основных направлений организации работ по реализации инновационных прорывных проектов в космической отрасли. Эти проекты включают в себя, наряду с созданием нового поколения космических аппаратов (КА), создание робототехнических систем космического назначения (РТС КН), способных выполнить исследования планет Солнечной системы и дальнего космоса [2, 3]. Планируется к применению целый комплекс РТС КН, в числе которых посадочные модули с манипуляторами, планетоходы, грузовые манипуляторы, а также антропоморфные робототехнические системы космического назначения на «шагающем» и колесном шасси, управляемые в автоматическом и копирующем режиме операторами с Земли или с борта космического корабля.

Это означает, что одним из значимых направлений развития российской космонавтики должно стать создание комплекса робототехнических систем – в общем, и в частности – антропоморфных роботов космического назначения (АР КН), предназначенных для профессионального взаимодействия с космонавтами в качестве помощника экипажа. Кроме того, АР КН предусматривается использовать для психологической и информационной поддержки космонавтов в долговременном автономном космическом полете.

Однако практическая разработка и создание роботов-помощников космонавтов в межпланетных космических полетах находится на начальной стадии. Основное внимание в настоящее время уделяется космическим манипуляционным системам в командном или полуавтоматическом режимах. Для заранее запланированных действий рассматриваются системы управления в супервизорном режиме с возможностью перехода оператора, в наиболее ответственные моменты, на ручное, командное или копирующее управление.

Вместе с тем, целый ряд зарубежных компаний разрабатывают АР КН в проектах AILA и EUROBOT (ESA, Евросоюз), ROBONAUT (NASA, США) [4–6]. Как основной, в этих робототехнических системах предусматривается копирующий режим управления с помощью задающего устройства копирующего типа (ЗУКТ), с виду напоминающий экзоскелет. Примером российской разработки АР КН является SAR-400(401) [7], FEDOR (НПО «Андроидная техника») [8, 9].

Анализ результатов как зарубежных, так и российских АР КН, управляемых ЗУКТ, показывает, что этапы информационного взаимодействия в системе «космонавт (оператор)–РТС КН–профессиональная среда деятельности» научно не обоснованы и не сформулированы.

Исходя из этого, в настоящее время является весьма актуальным обоснование этапов информационного взаимодействия космонавта с АР КН в копирующем режиме управления для обеспечения поддержки внутри- и внекорабельной деятельности космонавтов.

Анализ процесса информационного взаимодействия космонавта с антропоморфным роботом космического назначения в копирующем режиме

Сущность профессионального взаимодействия в системе «космонавт (оператор)–РТС–профессиональная среда деятельности» заключается в управлении АР КН через формирование сигналов с ЗУКТ. Использование ЗУКТ обеспечивает выполнение точных и надежных манипуляций, близких к моторике естественного движения рук и пальцев человека [10–12].

Процесс профессионального взаимодействия оператора с реальным макетом антропоморфного торсового робота SAR-400(401) был реализован в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее – ЦПК) в ходе проведенных экспериментальных исследований по определению возможных операций с использованием АР КН [7–10].

Взаимодействие космонавта с антропоморфным роботом SAR-400(401) осуществлялось в копирующем режиме с применением ЗУКТ.

ЗУКТ реализует подобие кинематической схемы, присущей руке человека, что позволяет реализовать подобие каждой степени подвижности АР КН к степени подвижности оператора. При помощи ЗУКТ оператор приводил в действие манипуляторы робота для воздействия на определенные объекты с целью достижения желаемого результата процесса этой деятельности. Использование ЗУКТ обеспечивало управление манипуляторами и захватами в режиме реального времени с требуемой точностью задаваемых оператором движений.

При этом анализ деятельности космонавта (оператора) робота SAR-400(401) при выполнении действий¹ в процессе экспериментальных исследований в ЦПК [11] позволяет сделать следующий вывод: профессиональное взаимодействие космонавта и АР КН, работающего в копирующем режиме, характеризуется определенным алгоритмом – от получения задачи и принятия решения на выполнение действия человеком до исполнения этого решения АР КН.

¹ Действие рассматривается как элемент деятельности, в результате выполнения которого достигается конкретная цель. Действие может быть сложным и простым. Сложное действие – это совокупность простых действий. Простое – это действие, которое невозможно разложить на элементы [7–12].

В соответствии с ГОСТ Р 43.0.4-2009, п. 5.13, предположено, что алгоритм информационно-интеллектуальной деятельности оператора с АР КН складывается из нескольких этапов в виде последовательности информационных процессов: прием информации; сбор информации; переработка информации; отбор информации; анализ и создание новой информации; поиск информации; предъявление информации; использование информации; передача информации; восприятие информации; хранение, запоминание и передача информации [13].

Первый этап. Прием информации

На первом этапе космонавтом осуществляется прием информации в виде исходных данных (ИД) (рис. 1).

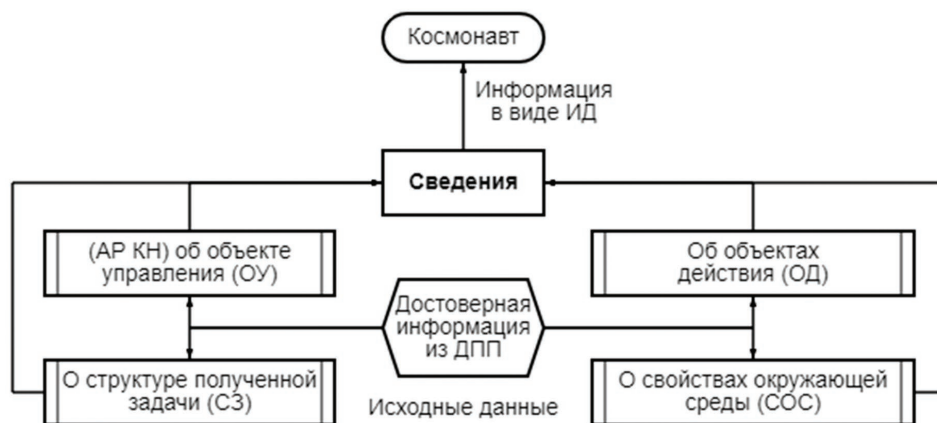


Рис. 1. Прием информации космонавтом в виде исходных данных

ИД могут быть получены, например, из детального плана полета (ДПП), формируемого на каждые сутки полета на основе плана полета (ПП). Информация в виде ИД должна обладать свойствами достоверности, характеризующиеся возможностями воздействующей информации (в виде ИД) отражать в сообщениях, содержащихся в ней, реально существующие объекты с необходимой точностью [13].

Информация в виде ИД включает сведения:

- об объекте управления (АР КН);
- об объектах действия (аппаратура, блоки, инструмент и т.д.);
- о структуре (характере) полученной задачи;
- о свойствах окружающей среды.

Оценка содержания информации в виде ИД обеспечивает космонавту обоснованный переход ко второму этапу.

Второй этап. Сбор информации

На втором этапе космонавтом осуществляется сбор и анализ информации, полученной в виде ИД (рис. 2).



Рис. 2. Сбор и анализ информации, полученной в виде исходных данных

Сборная информация (СИ) может формироваться на основе информации, содержащейся в ДПП. СИ должна обладать свойствами репрезентативности [13].

Свойства репрезентативности информации – это свойства, характеризующиеся возможностями воздействующей информации (в данном случае – сборной) быть правильно отобранной и представленной для адекватного отражения свойств рассматриваемых сущностей (например, объектов, явлений, связанных с выполнением операций (Оп) [1].

СИ включает сведения [5–7]:

- о наборе алгоритмов Оп, разложенных до действия;
- о диапазоне возможных вариантов управления АР КН (например, копирующий режим управления);
- о составе интерьера КА (экстерьера КА, поверхности планеты);
- о реальном состоянии интерьера КА (экстерьера КА, поверхности планеты), полученного на основе отображения требуемого объема видеoinформации;
- о безопасных эксплуатационных значениях параметров функционирования АР КН;
- о возможных отказах и порядке их устранения в подсистемах АР КН;
- о полном наборе ОД;
- о пространственном расположении ОД;
- о пространственных данных рабочей зоны;
- об особенностях эксплуатации в различных условиях окружающей среды.

По завершении сбора информации космонавт переходит к третьему этапу.

Третий этап. Переработка информации

На третьем этапе космонавтом осуществляется анализ и переработка СИ, в результате формируется переработанная информация (ПИ) (рис. 3).



Объективная информация, получаемая в результате переработки собранной информации

Рис. 3. Переработка космонавтом сборной информации в соответствии с информацией, полученной в виде исходных данных

ПИ должна обладать свойствами объективности [13].

Свойства объективности информации – это свойства, выражающиеся в возможностях воздействующей информации (в данном случае – переработанной) быть минимизированной по наличию в ней субъективных элементов, используемых для выполнения Оп.

ПИ включает сведения:

- о наборе алгоритмов Оп, разложенных до действия, применительно к структуре задачи;
- о варианте управления АР КН применительно к структуре задачи и условиям окружающей среды;
- о реальном состоянии интерьера КА (экстерьера КА, поверхности планеты) применительно к структуре задачи и условиям окружающей среды, полученного на основе отображения требуемого объема видеоинформации по задаче;
- о безопасных эксплуатационных значениях параметров функционирования применительно к структуре задачи, условиям окружающей среды и учетом характеристик ОД;
- о перечне возможных отказов применительно к структуре задачи, условиям окружающей среды и порядок их устранения;
- о наборе ОД и о пространственном расположении ОД применительно к структуре задачи;
- о пространственных данных рабочей зоны применительно к структуре задачи;
- об особенностях эксплуатации в конкретных условиях окружающей среды.

По завершении формирования ПИ космонавт переходит к четвертому этапу.



Отобранная информация, получаемая в результате отбора переработанной информации

Рис. 4. Отбор космонавтом информации, необходимой для решения задачи выполнения конкретной операции

Четвертый этап. Отбор информации

На четвертом этапе космонавтом осуществляется отбор информации, необходимой для решения задачи выполнения конкретной Оп (рис. 4).

Отборная информация (ОИ) формируется из ПИ и из бортового детального плана полета (БДПП), формируемого на основе ДПП, а также по результатам оценки рабочего пространства с использованием стереоизображений. ОИ должна обладать свойствами полезности [13].

Свойства полезности – это свойства, выражающиеся в возможностях воздействующей информации (в данном случае – отборной) обеспечивать получение космонавтом информации с определенной пользой для достижения необходимой цели (выполнения Оп).

ОИ включает сведения:

- об алгоритмах выполнения конкретной Оп;
- о порядке формирования процесса реализации конкретной Оп;
- об алгоритме эксплуатационных действий;
- о порядке формирования каждого действия конкретной Оп;
- об объеме рабочего пространства в виде стереоизображений;
- о комплексе ОД для выполнения заданной Оп;
- о комплексе ОД для выполнения заданного действия из состава Оп;
- о способах захвата каждого необходимого из набора ОД, используемых для выполнения конкретной Оп;
- о соответствии (не соответствии) алгоритму динамики изменений интерьера (экстерьера, поверхности планеты) в процессе использования ОД в объеме рабочего пространства;
- о завершении алгоритма эксплуатационных действий.

По завершении выбора ОИ космонавт переходит к пятому и шестому этапам.

Пятый этап. Анализ и получение новой информации

На пятом этапе космонавтом осуществляется анализ и синтез ОИ, в результате чего формируется новая информация (НИ) (рис. 5).

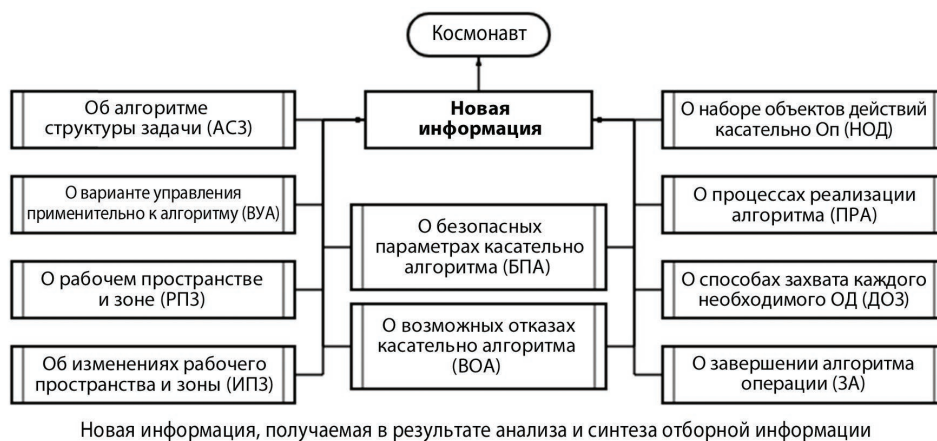


Рис. 5. Анализ и синтез космонавтом отборной информации для формирования новой информации

НИ должна обладать свойствами актуальности [13].

Свойства актуальности – это свойства, выражающиеся в возможностях воздействующей информации (в данном случае – новой) сохранять в определенной степени ее ценность в момент использования – в зависимости от динамики изменения ее характеристик в интервале времени, прошедшего с момента возникновения до применения.

НИ включает сведения:

- об алгоритме Оп, разложенного до действия применительно к структуре задачи;
- о варианте управления АР КН применительно к алгоритму Оп и условиям окружающей среды;
- об информационном объеме рабочего пространства и рабочей зоны в виде стереоизображений применительно к структуре задачи и условиям окружающей среды;
- о безопасных эксплуатационных значениях параметров функционирования применительно к алгоритму Оп и условиям окружающей среды и с учетом характеристик ОД;
- о перечне возможных отказов применительно к алгоритму Оп, условиям окружающей среды и порядок их устранения;
- о наборе ОД и их расположении для выполнения каждого действия из состава заданной Оп;

- о процессе реализации алгоритма Оп с применением каждого ОД;
- о способах захвата каждого необходимого ОД;
- о соответствии динамики изменений рабочего пространства и рабочей зоны алгоритму Оп;
- о завершении алгоритма Оп.

Шестой этап. Поиск информации

На шестом этапе космонавтом осуществляется поиск дополнительной информации (ДИ) с учетом ОИ (рис. 6).



Дополнительная информация, получаемая из бортового детального плана полета

Рис. 6. Поиск космонавтом дополнительной информации с учетом отборной информации

ДИ может быть получена, например, из БДПП, а также по результатам оценки рабочей зоны с использованием стереоизображений. ДИ должна обладать свойствами достаточности [13].

Свойства достаточности (полноты) информации – это свойства, выражающиеся в возможностях воздействующей информации (в данном случае – дополнительной) иметь минимальный, но достаточный состав (набор) показателей для принятия космонавтом правильного решения на выполнение Оп [13].

ДИ включает сведения:

- об объеме рабочей зоны в виде стереоизображений;
- о технических характеристиках каждого из ОД, используемых для выполнения конкретной Оп;
- об эксплуатационных характеристиках каждого из ОД, используемых для выполнения конкретной Оп;
- о пользовательских характеристиках каждого из ОД, используемых для выполнения конкретной Оп;
- об избирательных характеристиках каждого из ОД, используемых для выполнения конкретной Оп.

По завершении пятого и шестого этапов космонавт переходит к седьмому этапу.

Седьмой этап. Предъявление информации

На седьмом этапе космонавтом осуществляется переработка НИ и ДИ применительно к структуре задачи и условиям окружающей среды в соответствии с алгоритмом и процессом его реализации в информационном объеме рабочего пространства и рабочей зоны, в результате чего формируется предъявленная информация (ПрИ), необходимая для принятия решения космонавтом для выполнения действий (Оп) (рис. 7).

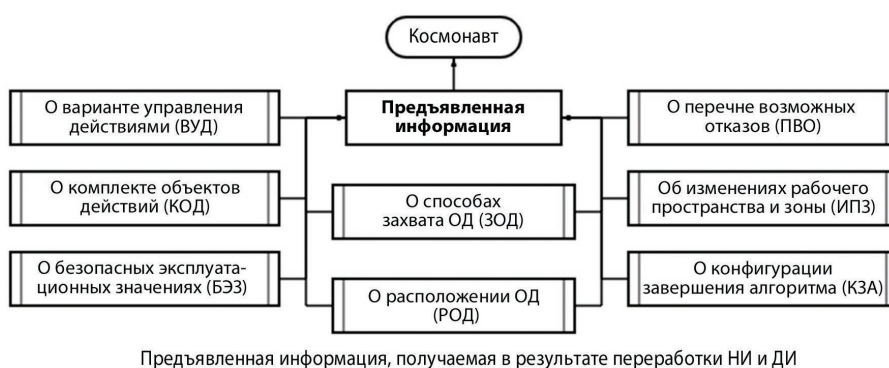


Рис. 7. Переработка космонавтом новой и дополнительной информации применительно к структуре задачи и условиям окружающей среды

ПрИ должна обладать свойствами содержательности.

Свойства содержательности информации – это свойства, выражающиеся в возможностях воздействующей информации (в данном случае – предъявленной) обладать семантической емкостью, равной отношению количества семантических сведений к общему объему сведений [13].

ПрИ включает результирующие (окончательные) сведения:

- о варианте управления АР КН и порядке выполнения действий – в соответствии с алгоритмом и процессом его реализации в информационном объеме рабочего пространства и рабочей зоны;
- о комплексе ОД для выполнения каждого действия;
- о расположении ОД;
- о безопасных эксплуатационных значениях параметров функционирования, с учетом технических эксплуатационных пользовательских избирательных характеристик ОД;
- о способах захвата каждого необходимого ОД;
- о перечне возможных отказов и порядке их устранения;
- о динамике изменений рабочего пространства, рабочей зоны и соответствие этих изменений алгоритму;
- о конфигурации рабочего пространства и рабочей зоны, соответствующей завершению алгоритма.

Используя ПрИ, космонавт формирует решение для выполнения действий (Оп), после чего переходит к восьмому этапу.

Восьмой этап. Использование информации

На восьмом этапе космонавт, используя информацию в виде сформированного решения для выполнения действий (Оп), создает умственную модель индивидуальной деятельности (УМИД) по управлению АР КН для решения поставленной задачи (рис. 8).

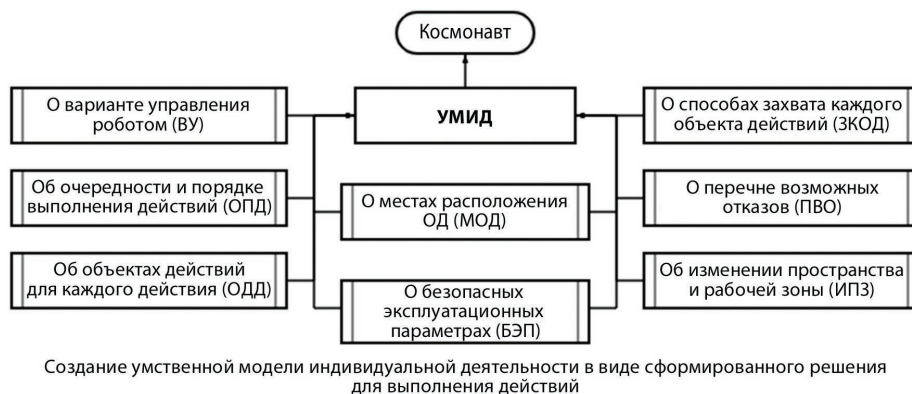


Рис. 8. Создание космонавтом умственной модели индивидуальной деятельности по управлению АР КН для решения поставленной задачи

УМИД космонавта включает:

- вариант управления АР КН [14];
- очередность и порядок выполнения действий в информационном объеме рабочего пространства и рабочей зоны;
- набор конкретных ОД для выполнения каждого действия (ОДД);
- места расположения каждого ОД;
- безопасные эксплуатационные значения параметров функционирования (БЭП);
- способы захвата каждого необходимого ОД;
- перечень возможных отказов и порядок их устранения;
- динамику изменений рабочего пространства и рабочей зоны в соответствии с алгоритмом и их конфигурация, соответствующая завершению алгоритма.

По завершении создания УМИД космонавт переходит к девятому этапу.

Девятый этап. Передача информации

На девятом этапе космонавт, передавая информацию в виде УМИД, преобразованную в движения на экзоскелет, приводит, в свою очередь, в движение кинематическую систему АР КН для воздействия на определенные объекты с целью достижения желаемого результата процесса этой деятельности (выполнения действий, из которых состоит Оп) (рис. 9).

Передающаяся информация в виде УМИД должна обладать свойствами устойчивости [13].



Рис. 9. Космонавт, передавая информацию в виде УМИД, преобразованную в движения, на экзоскелет, приводит в движение кинематическую систему АР КН

Свойства устойчивости информации – это свойства, характеризующие возможности воздействующей информации (в виде УМИД, преобразованной в движения) в реагировании при передаче сообщений на изменение данных без нарушения точности этих передаваемых сообщений.

Данная модель предусматривает следующую последовательность передачи информации в виде УМИД:

- передача команды на выполнение действий;
- преобразование команды и обработка данных для передачи в персональный компьютер (ПК);
- отправка данных в ПК;
- чтение и обработка данных ПК;
- формирование и выдача команды звеньям манипуляторов;
- обработка и преобразование команды;
- исполнение команды манипуляторами;
- передача данных об изменении положения сервоприводов звеньев манипуляторов.

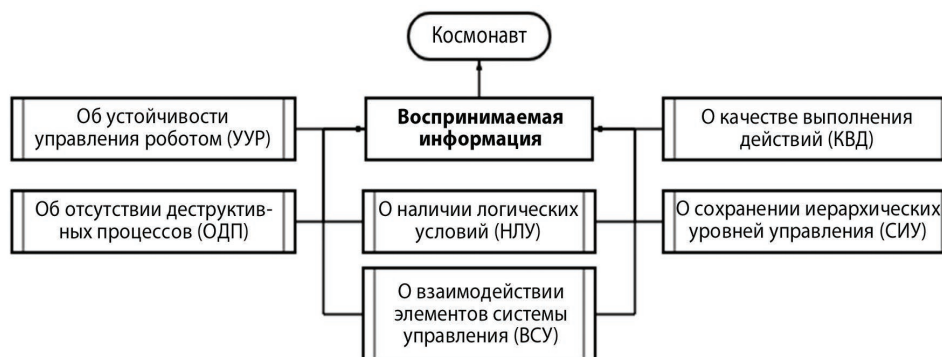
Десятый этап. Восприятие информации

На десятом этапе космонавтом осуществляется восприятие информации для контроля над реализацией принятого решения (рис. 10).

Воспринимаемая информация (ВИ) направлена на проверку правильности выполнения действий (Оп), определенных решением.

ВИ должна обладать свойствами своевременности и доступности [13].

Свойства своевременности информации – это свойства, выражающиеся в возможностях воздействующей информации (в данном случае – воспринимаемой) поступать к пользователю не позднее заранее назначенного момента времени, согласованного со временем ее поступления для применения в необходимых целях.



Восприятие космонавтом информации для контроля над реализацией принятого им решения

Рис. 10. Восприятие информации космонавтом для контроля над реализацией принятого решения

Свойства доступности информации – это свойства, выражающиеся в возможностях воздействующей информации (в данном случае – воспринимаемой) обеспечить получение пользователем необходимых сведений, содержащихся в этой информации.

Анализ экспериментальных исследований AP SAR-401 по выполнению действий, проведенных в НИИ ЦПК [11], показал, что в процессе выполнения определенных решением действий ВИ содержит сведения:

- об устойчивости управления AP КН;
- об отсутствии деструктивных процессов в управлении AP КН;
- о наличии логических условий, обуславливающих переход к каждому последующему действию только после выполнения предыдущего действия;
- о качестве взаимодействия элементов системы управления AP КН;
- о качестве выполнения действий, необходимых для решения задачи;
- о сохранении иерархических уровней управления AP КН на протяжении всего процесса функционирования.

Одиннадцатый этап. Хранение, запоминание и передача информации

На одиннадцатом этапе космонавтом выполняется сохранение, запоминание и передача информации о результатах реализации принятого решения в экспертную систему поддержки принятия решения (ЭСППР) по выбору эффективных вариантов взаимодействия космонавта с AP КН (рис. 11).

Кроме того, передача информации осуществляется заинтересованным потребителям с целью проверки качества выполненных действий (Оп) и формирования оценки достигнутого результата функционирования.

Сохраненная и переданная информация (СЗПИ) должна обладать свойствами точности [13].



Рис. 11. Сохранение, запоминание и передача информации о результатах реализации принятого решения в экспертную систему поддержки принятия решения

Свойства точности информации – это свойства, выражающиеся в возможности воздействующей информации (в данном случае – сохраненной и переданной) соответствовать в передаваемых сообщениях, относящихся к необходимым объектам (процессам, явлениям), реальным состояниям этих объектов [13].

Сформированные этапы информационного взаимодействия космонавта с АР КН в копирующем режиме целесообразно рассматривать как:

- методологическую основу для разработки научной методики в предметных областях исследований, связанных с данными робота;
- практическую основу профессионального взаимодействия космонавтов с АР КН.

Этапы информационного взаимодействия служат «соединительным звеном» между теорией и практикой создания и использования АР КН, функционирующих не только в копирующем режиме, но и в автоматическом режиме.

Анализ структуры этапной последовательности информационных процессов (с первого до одиннадцатого), протекающих в результате профессионального взаимодействия космонавта с АР КН в копирующем режиме, предполагает наличие следующих дополнительных свойств: объективности; оптимальности; объединения; стабильности; прогнозируемости; реализации; обратной связи; устойчивости; своевременности.

Свойство объективности предполагает строгое соответствие содержания информации об исходных данных структуры задачи, что способствует упорядоченному технологическому выбору каждого действия – из их совокупности, составляющих алгоритм Оп – на основе использования сборной информации. Информация получена в результате оценки исходных данных, что дает космонавту актуальную и содержательную видеoinформацию со стереокамер робота из его рабочей зоны, создавая «эффект телеприсутствия». Это обязывает разработчиков оснащать АР КН эффективными системами технического зрения.

Свойство оптимальности предполагает выбор рациональных действий (наиболее целесообразных – применительно к заданным и/или реальным условиям) на основе использования переработанной информации с минимальным, но достаточным для принятия космонавтом правильного решения на выполнение действий (Оп). Состав (набор) показателей дает космонавту минимальный, но достаточный набор информации о геометрических, кинематических, силовых, силомоментных, управленческих, контрольных показателях, позволяющий разрабатывать рациональные варианты действий. Это обязывает разработчиков оснащать АР КН эффективными тактико-техническими характеристиками.

Свойство объединения предполагает синтез сведений, расчлененных в процессе анализа объединенной информации, в единое целое (новую информацию) с установлением связей и взаимозависимости объединяемых сведений. Это способствует конструктиву рациональных действий, входящих в состав требуемого алгоритма Оп, что дает представление космонавту информации, обеспечивающей возможности осуществлять рациональные варианты действий по эргономическим характеристикам (управляемость, обслуживаемость, осваиваемость, обзорность, досягаемость, отображение информации, органы управления, инструмент и др.). Это обязывает разработчиков оснащать систему «космонавт–АР КН» эффективными эргономическими параметрами.

Свойство стабильности предполагает сохранение достоверности, точности и адекватности информации на основе использования возможности поиска дополнительной информации. Это дает космонавту информацию, обеспечивающую эффективную реализацию динамической сцены, поля зрения, точности передачи геометрии и пропорций объектов реального или виртуального пространства, адекватности восприятия рабочей зоны, контрастности, читаемости текстовой информации и др. Это обязывает разработчиков оснащать АР КН шлемом виртуальной реальности с возможностью непрерывного, беспомехового, динамического обновления зрительной информации, поступающей космонавту.

Свойство прогнозируемости предполагает необходимость переработки новой и дополнительной информации в форму, приемлемую для принятия решения на выполнение действий, с комплексным определением последствий принимаемого решения. Это дает космонавту информацию о возможном достижении определенного состояния системы «космонавт–АР КН» в результате ее функционирования с учетом условий безопасности. Это обязывает разработчиков оснащать АР КН необходимым количеством комплектов программных сценариев (ПС).

Свойство реализации предполагает передачу информации в виде УМИД, преобразованную в движения на экзоскелет, который, в свою очередь, приводит в движение кинематическую систему АР КН для воздействия на определенные объекты с целью достижения желаемого результата про-

цесса этой деятельности. Это определяет представление информации, позволяющей космонавту взаимодействовать с АР КН и оперативно получать данные о состоянии рабочего пространства, самого робота и результатах управляющих воздействий. Это обязывает разработчиков оснащать АР КН интерактивным интерфейсным комплексом аппаратно-программных средств обработки и отображения информации в реальном времени, в визуальной, силомоментной и других формах.

Свойство обратной связи предполагает получение информации о результатах достижения цели действий на основе наблюдения за выполнением действий (Оп), позволяющей формировать выводы о состоянии системы «космонавт–АР КН» и необходимости ее корректировки или перестройки. Это обязывает разработчиков дополнять ПС программами, предназначенными для подсказки космонавту о возможных процессах корректировки или перестройки выполнения определенных операций с соблюдением мер безопасности.

Свойство устойчивости обуславливает возможности воздействующей информации, преобразованной в движения, реагировать при передаче сообщений на изменение данных без нарушения точности этих передаваемых сообщений. Это дает космонавту представление о постоянной информации, о качестве выдачи им команд, о качестве получения команд АР КН, о качестве интерпретации полученных команд на выполнение задания (например, манипуляторами АР КН), о качестве планирования траектории движения, о качестве скоординированного управления движением сочленений манипуляторов – в общем, и захватного узла – в частности. Это обязывает разработчиков оснащать АР КН качественной системой управления.

Свойство своевременности предполагает возможности воздействующей информации поступать к пользователю не позднее назначенного момента времени, согласованного со временем ее поступления для применения в необходимых целях. Это дает космонавту представление о наиболее полной динамической информации в реальном времени. Это обязывает разработчиков оснащать АР КН качественными системами динамического информационного обеспечения (например, за счет ввода дополнительной информации, облегчающей космонавту управление роботом).

Таким образом, на основе разработанной структуры поэтапной последовательности информационных процессов профессионального взаимодействия космонавта с АР КН в копирующем режиме и ее поэтапного анализа, сформированы возможные варианты свойств профессионального взаимодействия космонавта с АР КН в копирующем режиме в конкретно заданной среде.

Выводы

Учитывая наметившуюся острую конкурентную борьбу государств в космосе, борьбу за освоение Луны, ее ресурсы и опыт успешного применения российских РТС КН на Международной космической станции (эксперимент с антропоморфным роботом «Фёдор», в рамках космического эксперимента

«Испытатель»)), можно сделать вывод, что во многом успех будет зависеть от эффективности используемых робототехнических систем, от эффективности взаимодействия с ними.

Раскрытие этапов профессионального взаимодействия космонавта с АР КН в копирующем режиме позволяет разработчикам этих роботов более точно определить параметры, которые необходимо учесть при их разработке. Это обусловлено тем, что разработчики могут руководствоваться минимально возможным набором тактико-технических характеристик, которыми должны обладать АР КН. Такими тактико-техническими характеристиками могут быть: эффективное техническое зрение; высокие технические и эргономические данные; непрерывное, беспомеховое, динамическое обновление зрительной информации; наличие комплектов программных сценариев для подсказки, корректировки, перестройки или выполнения операций с соблюдением мер безопасности; наличие интерактивного интерфейса с комплексом аппаратно-программных средств обработки и отображения информации в реальном времени, в визуальной, силомоментной и других формах, в том числе с использованием технологий дистанционного доступа; эффективное управление; динамическое информационное обеспечение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Основные положения Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом РФ от 19.04.2013 № Пр-906), <https://legalacts.ru/doc/osnovnye-polozhenija-osnov-gosudarstvennoi-politiki-rossiiskoi-federatsii/>
- [2] Дудоров Е.А., Сохин И.Г. Предназначение и задачи робототехнических систем в российской лунной программе // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2020. – № 12(729). – С. 3–15.
- [3] Цели, задачи и перспективы проведения космических экспериментов с использованием российских роботов-помощников космонавтов / Сохин И.Г., Дудоров Е.А., Рыбак Е.В. // Пилотируемые полеты в космос. Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, 2019. – С. 121–122.
- [4] <https://myexs.ru/2012/03/eurobot-производит-сенсацию-экзоскелет-для/>
- [5] <http://robonaut.jsc.nasa.gov/default.asp>
- [6] <https://robotik.dfki-bremen.de/en/research/robot-systems/aila-1.html>
- [7] Обоснование выбора структурной схемы роботов космического исполнения / Богданов А.А., Сычков В.Б., Жиденко И.Г., Кутлубаев И.М. // Решетневские чтения: материалы XVII междунар. науч. конф. (12–14 ноября 2013, г. Красноярск): в 2 ч. / Под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. – Ч. 1. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2013. – С. 278–280.
- [8] Control System of a Manipulator of the Anthropomorphic Robot Fedor / Bogdanov A., Dudorov E., Permyakov A., Pronin A., Kutlubaev I. // Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE. 12th International Conference on the Developments in eSystems Engineering, DeSE 2019. – pp. 449–453.
- [9] Подготовка и проведение космического эксперимента с применением антропоморфного робота «ФЕДОР» / Пермяков А.Ф., Дудоров Е.А., Сохин И.Г.,

- Шпонько А.А. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2020. – № 3(207). – С. 64–72.
- [10] Сорокин В.Г. Вариант состава и структурной схемы базового блока автономного антропоморфного робота космического назначения // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 1(22). – С. 68–84.
- [11] Сорокин В.Г. Некоторые результаты проведения экспериментальных исследований с антропоморфной робототехнической системой в телеуправляемом копирующем режиме // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 4(33). – С. 106–121.
- [12] Сорокин В.Г., Сохин И.Г. Возможные области применения антропоморфных роботов-помощников экипажей в отсеках перспективных космических комплексов // Пилотируемые полеты в космос. – 2015. – № 4(17). – С. 71–79.
- [13] ГОСТ Р 43.0.4-2009. Информационное обеспечение техники и операторской деятельности. Информация в технической деятельности.
- [14] Kanda T., Ishiguro H. Human-robot interaction in social robotics. CRC Press, 2012. – p. 372.
- [15] Перспективные подходы к применению сервисных роботов в области пилотируемой космонавтики / Крючков Б.И., Карпов А.А., Усов В.М. // Труды СПИИРАН. – 2014. – Вып. 32.
- [16] Включение робота-ассистента в совместную с космонавтами деятельность методом «обучения показом движения» / Крючков Б.И., Кулаков Ф.М., Карпов А.А., Нечаев А.И., Усов В.М., Чернакова С.Э. // Робототехника и техническая кибернетика. – 2014. – № 2(3).
- [17] Крючков Б.И., Усов В.М. Антропоцентрический подход в организации совместной деятельности космонавтов ПКК и робота-помощника андроидного типа // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – № 3(5). – С. 42-57.

REFERENCES

- [1] The Main Provisions of the Fundamentals of State Policy of the Russian Federation in the Field of Space Activities for the Period up to 2030 and Beyond (Approved by the President of the Russian Federation dated of 04. 19.04.2013 N Pr-906), <https://legalacts.ru/doc/osnovnye-polozhenija-osnov-gosudarstvennoi-politiki-rossiiskoi-federatsii/>
- [2] Dudorov E.A., Sokhin I.G. Purpose and Objectives of Robotic Systems in the Russian Lunar Program // BMSTU Journal of Mechanical Engineering. – No 12(729). – 2020. – pp. 3–15.
- [3] Goals, Objectives and Prospects of Space Experiments Carried out Using Russian Robotic Assistants / Sokhin I.G., Dudorov E.A., Rybak E.V. // Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights”, 2019. – pp. 121–122.
- [4] <https://myexs.ru/2012/03/eurobot-производит-сенсацию-экзоскелет-для/>
- [5] <http://robonaut.jsc.nasa.gov/default.asp>
- [6] <https://robotik.dfki-bremen.de/en/research/robot-systems/aila-1.html>
- [7] Selecting Structural Patterns for Space Robotic Systems / Bogdanov A.A., Sychkov V.B., Zhidenko I.G., Kutlubaev I.M. // Proceedings of the XVII International Scientific Conference. (November 12–14, 2013, Krasnoyarsk): in 2 parts. / Under general editorship of Yu. Yu. Loginova. – Part 1. – Krasnoyarsk: Reshetnev Siberian State Aerospace University, 2013. – pp. 278–280.

- [8] Control System of a Manipulator of the Anthropomorphic Robot FEDOR / Bogdanov A., Dudorov E., Permyakov A., Pronin A., Kutlubaev I. // Proceedings of the International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE. The 12th International Conference on the Development in eSystems Engineering, DeSE 2019. – pp. 449–453.
- [9] Preparing and Performing A Space Experiment with Use of the Anthropomorphic Robot “FEDOR” / Permyakov A.F., Dudorov E.A., Sokhin I.G., Shponko A.A. // Scientific-Educational and Applied Journal “University News”. North-Caucasian region. Technical Sciences Series. – 2020. – No 3(207). – pp. 64–72.
- [10] Sorokin V.G. An Option of the Configuration and Structural Scheme of the Base Unit of the Stand-Alone Humanoid Space Robot // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2017. – No 1(22). – pp. 68–84.
- [11] Sorokin V.G. Some Results of Experimentation With the Anthropomorphic Robotic System in Remote Control Master-Slave Mode // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2019. – No 4(33). – pp. 106–121.
- [12] Sorokin V.G., Sokhin I.G. Feasible Application of Anthropomorphic Robotic Assistants to Support a Crew Inside the Modules of Future Space Complexes // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2015. – No 4(17). – pp. 71–79.
- [13] GOST R 43.0.4-2009. Information Support for Technology and Operator Activities. Information in Technical Activities.
- [14] Kanda T., Ishiguro H. Human-Robot Interaction in Social Robotics. CRC Press, 2012. – p. 372.
- [15] Promising Approaches to the Use of Service Robots in Human Space Exploration / Kryuchkov B.I., Karpov A.A., Usov V.M. // Proceedings of SPIIRAS. – 2014. – Issue 32.
- [16] A Way of Integration of a Robot-Assistant in Joint Activities With Cosmonauts by “Teaching by Showing” Method / Kryuchkov B.I., Kulakov F.M., Karpov A.A., Netchaev A.I., Usov V.M., Chernakova S.E. // Scientific and Technical Journal “Robotics and Technical Cybernetics”. – 2014. – No 2(3).
- [17] Kryuchkov B.I., Usov V.M. Anthropocentric Approach to the Organization of Joint Activity of Cosmonauts and an Android-Type Robotic Assistant Aboard a Manned Space Complex // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2012. – No 3(5). – pp. 42–57.