

*В.А. Лопота<sup>1</sup>, Е.И. Юревич<sup>2</sup>*

## **О НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ**

<sup>1</sup> *ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева, г. Королев, Моск. обл.;*

<sup>2</sup> *ГНЦ РФ «ЦНИИ робототехники и технической кибернетики», Санкт-Петербург  
kafedra@rtc.ru*

Стратегическое значение робототехники для развития исследований и освоения космоса очевидно и не требует дополнительных обоснований [1]. Накопленный опыт применения робототехнических систем в околоземном и дальнем космосе не только подтверждает это, но и показывает, что научно-технический уровень современной робототехники вполне соответствует, по крайней мере, первоочередным задачам, поставленным перед ней в области космической техники. И, конечно, существенно большие перспективы следует ожидать от уже формирующейся качественно новой робототехники завтрашнего дня. В этой связи весьма актуально, обобщив имеющийся опыт создания и применения средств космической робототехники и учтя перспективы ее дальнейшего развития, сформулировать достаточно определившиеся принципы, которыми следует руководствоваться при создании этой техники и ее развитии.

В качестве первоочередных рассмотрим следующие четыре принципа, представленные в таблице 1.

Первые два принципа относятся к оптимизации структуры, а следующие – к оптимизации взаимодействия человека и техники.

**Первый принцип:** *унификация функциональных компонентов средств робототехники.*

В пределе реализуется иерархической системой модулей (информационных – информационно-измерительных, управляющих, связи и силовых-исполнительных (приводных) и энергопитания).

Этот принцип обеспечивает практически неограниченную номенклатуру создаваемых на его основе технических систем, повышение их технического уровня, сокращение сроков проектирования, облегчение технического обслуживания и ремонта основанных на нем технических систем.

До настоящего времени такой подход, основанный на идее декомпозиции проектируемых систем, является основным не только в робототехнике, но и в технике в целом. Однако в тех случаях, когда, прежде всего, необходимо обеспечить предельно высокое качество создаваемой конкретной системы по какому-нибудь общему критерию (в космической технике это часто минимум массы, габаритов, энергопотребления), необходимо переходить от декомпозиции соответственно к системному подходу при синтезе технических систем.

В космической робототехнике переход от модульного построения к такой системной оптимизации необходим при проектировании робототехнических систем длительного достаточно специализированного применения типа манипулятора для корабля Шаттл или планетохода. (Однако и в этих случаях модульный подход может быть полезен в качестве основы для создания первоначального физического макета создаваемой робототехнической системы [2]).

## Принципы построения космических робототехнических систем



В робототехнике принцип модульного построения был впервые предложен и получил широкое распространение в рамках промышленной робототехники, минимизируя материально-техническое обеспечение неограниченно растущей номенклатуры промышленных роботов в целом [2]. В рассматриваемом случае он обеспечивает такую минимизацию для номенклатуры роботов, требующихся на борту космического аппарата конкретного назначения.

**Второй принцип:** *реконфигурируемость робототехнических систем, т.е. возможность создания систем переменной структуры.*

Возможность изменения состава робототехнической системы непосредственно в ходе ее использования позволяет существенно расширить функциональные возможности таких систем и их эффективность по сравнению с использованием неизбежно предельно ограниченной их номенклатуры, особенно в космической технике.

Основа принципа – указанное выше модульное построение средств робототехники. Реализация этих обоих принципов означает поставку на борт космического аппарата робототехнических систем в некоторой базовой комплектации и набора функциональных модулей к ней для возможности изменения состава системы, включая реконфигурируемость манипуляционных и локомоторных исполнительных подсистем и их информационного обеспечения, в соответствии с очередной подлежащей выполнению операцией. Это позволяет также осуществлять и указанную в первом принципе возможность ремонта этих систем.

**Третий принцип:** *оптимальное сочетание (симбиоз) средств робототехники и человека при выполнении конкретных физических действий (операций).* Речь идет о специфическом именно для космонавтики оптимальном взаимодействии человека и техники, которая определяется следующими обстоятельствами:

- сложные внешние условия, включая вообще недопустимые для непосредственного присутствия человека;

- ограниченные возможности выполнения космонавтом отдельных технологических операций, особенно в открытом космосе (большие размеры и масса объектов манипулирования, вероятность непрогнозируемых внештатных ситуаций);

- повышенная ответственность и важность подлежащих выполнению операций;
- удаленность от земных центров управления.

Для пилотируемых аппаратов необходимо обеспечить оптимальное распределение подлежащих выполнению операций между космонавтом и робототехникой, включая и возможность совместной работы.

При этом приоритет дается средствам робототехники при выполнении операций, которые они могут качественно выполнять. Однако эти процессы должны находиться под оперативным контролем человека с возможностью блокировки их продолжения при возникновении каких-либо нештатных ситуаций. Таким образом, робототехника позволяет кардинально решить проблему «человеческого фактора» путем такого распределения задач между человеком и техникой, когда человек максимально освобождается от непосредственного выполнения психологически напряженных и утомительных работ, сохраняя за собой только контроль за их выполнением.

Остальные операции, которые на сегодня доступны только космонавту, естественно, он и должен выполнять. Однако в этом случае для исключения эффекта «человеческого фактора», в свою очередь, должен быть осуществлен контроль со стороны автоматики за действиями человека установлением формализованных рамок для этих действий, чтобы исключить его неадекватные действия, в том числе и с переходом к внешнему управлению из центра управления.

Такое распределение функций между человеком и робототехникой должно быть дополнено программой постоянного освоения робототехникой выполняемых человеком операций (в режиме обучения).

**Четвертый принцип:** *комбинированное управление средствами робототехники – автоматическое и автоматизированное от человека-оператора, в том числе с Земли.*

Современный этап развития систем автоматического управления – это освоение методов искусственного интеллекта, имитирующих основанные на знаниях алгоритмы формализуемого вербального (левополушарного) мышления человека. Эти методы в полной мере могут быть использованы при управлении системами космической робототехники при выполнении операций, для которых такое управление допустимо. Однако в силу большой неопределенности, в том числе внешних условий, для большого числа подлежащих выполнению операций, особенно сборочно-монтажных, настроечных, ремонтных и инспекционных, необходимы неформализуемые интуитивные способности. В настоящее время в этих случаях приходится переходить к управлению от человека-оператора. Для возможности выполнения подобных операций автоматически предстоит освоить в системах управления методы креативного образного (правополушарного) мышления человека.

Для робототехнических систем, от которых требуется достаточно длительное автономное функционирование, необходимо развитие таких свойств как самодиагностика и ремонт (при групповом применении – взаиморемонт) и самоусовершенствование (самообучение).

Перспективы развития систем управления от человека-оператора заключаются в развитии стилизованной трехмерной визуализации картины внешней среды с использованием ее, в том числе, и для предварительной отработки алгоритмов управления и обеспечения «эффекта присутствия». При выполнении многократно повторяющихся операций эта процедура может применяться также и для отработки программ их автоматического выполнения в режиме обучения.

Таким образом, и в этом принципе совместного функционирования техники и человека в сфере управления его приоритет должен даваться последнему. Однако, как и в предыдущем, третьем принципе, для исключения влияния эффекта «человеческого фактора» должна быть предусмотрена блокировка неадекватных действий человека-оператора – автоматическая или, если это возможно, из центра управления [3].

Для реализации последних двух принципов важными условиями являются развитие

комплексных сенсорных систем и комплексных систем позиционно-силового управления – автоматического и от человека.

Перечисленные принципы находятся в разной стадии реализации. В своей совокупности они определяют стратегические перспективы опережающего развития отечественной космической робототехники. Основной путь их реализации – разработка и выполнение соответствующей программы работ. Ее первым разделом должно быть определение и унификация сводных долговременных потребностей в средствах космической робототехники и технических требований к ним. Эта программа является ближайшей задачей развития отечественной космической робототехники как органической части общей программы развития космической техники.

#### **Литература**

1. Лопота В.А., Минаков Е.П., Юревич Е.И. Современное состояние и перспективы развития отечественной космической робототехники // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Т.5, СПб.: Астерион, 2008.
2. Лопота В.А., Юдин В.И., Юревич Е.И. О системном подходе к развитию экстремальной робототехники // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Т.5, СПб.: Астерион, 2005.
3. Интеллектуальные роботы / Под ред. Е.И. Юревича, М.: Машиностроение, 2007.