

Космическая робототехника: состояние и перспективы развития

Использование робототехники для целей исследования и освоения космоса является одним из знаковых направлений развития науки и техники. Современный уровень развития космической робототехники уже позволяет решать большой круг практических задач, однако по-настоящему впечатляющие перспективы в освоении космического пространства следует ожидать от уже формирующейся качественно новой робототехники завтрашнего дня. Уже сегодня отрабатываются различные конструкции робота – помощника космонавта, завтра встанет вопрос о создании его дублера и превращении обитаемых космических аппаратов в посещаемые.

Наиболее известный пример применения космической робототехники – канадский пятнадцатиметровый манипулятор на американском корабле Shuttle. Аналогичная отечественная разработка уже в виде системы из двух подобных манипуляторов была выполнена ЦНИИ РТК для корабля “Буран”. Перспективными разработками космической робототехники занимаются фирмы в США, Европе, Японии, Китае. Это, в частности, робот Eurobot Европейского космического агентства с тремя манипуляторами для помощи космонавтам в открытом космосе (рис. 1), американский летающий робот Mini AERomote для МКС, манипулятор на японской МКС, ряд конструкций роботов и робототехнических аппаратов для исследования дальнего космоса и планет, в том числе отечественной разработки (рис. 2). На российском сегменте МКС завершается отработка шарниров немецкого манипулятора ROKVISS (рис. 3) для

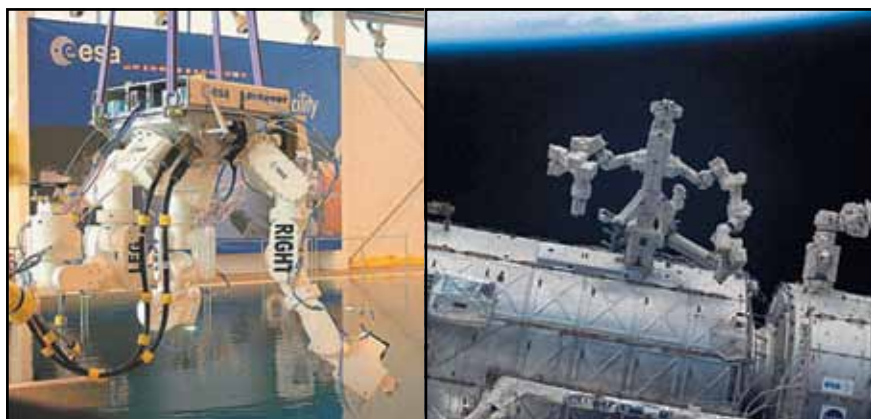


Рис. 1. Робот Eurobot

последующих совместных проектов по созданию новых космических роботов.

Первоочередными задачами космической робототехники в ближайшее время будет осуществление технического обслуживания спутников, сборка на орбите космических объектов, а также очистка околоземного космического пространства от техногенного мусора. Для решения последней проблемы создан международный координационный комитет, в котором участвует и ЦНИИ РТК. Аналогично быстро прогрессируют напланетные мобильные роботы, создаются первые маневрирующие свободнолетающие орбитальные роботы. Недавно возникло новое направление – групповое применение мини- и микророботов на орбите, открывающее принципиально новые возможности по использованию околоземного пространства. Новой задачей является также использование ядерных энергоустановок на отечественных космических кораблях, что, разумеется, невозможно без применения робототехники.

Важной задачей для дальнейшего развития космической робо-

тотехники является формирование на основе обобщения имеющегося опыта создания и применения средств робототехники в космосе с учетом перспектив ее дальнейшего развития уже достаточно определившихся научно-технических принципов, которыми следует руководствоваться при создании этой техники и ее развитии. На рис. 4 приведены четыре таких принципа, которые охватывают как автоматические и телеуправля-



Рис. 2. Космический манипулятор Дорес, разработанный ЦНИИ РТК

емые космические аппараты, так и обитаемые корабли.

Первые два принципа относятся к оптимизации структуры, а последующие – к оптимизации взаимодействия человека и робототехники.

Первый принцип: унификация общих функциональных компонентов робототехники. В своем предельном выражении этот принцип реализуется с помощью ориентированной на использование в космических условиях системы модулей (информационно-измерительных, управляющих, связи, силовых – исполнительных (приводных) и энергопитания).

Данный принцип обеспечивает практически неограниченную номенклатуру создаваемых на его основе технических систем, предельное повышение их технического уровня, сокращение сроков проектирования и облегчение технического обслуживания.

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 конкретной создаваемой системы по какому-нибудь

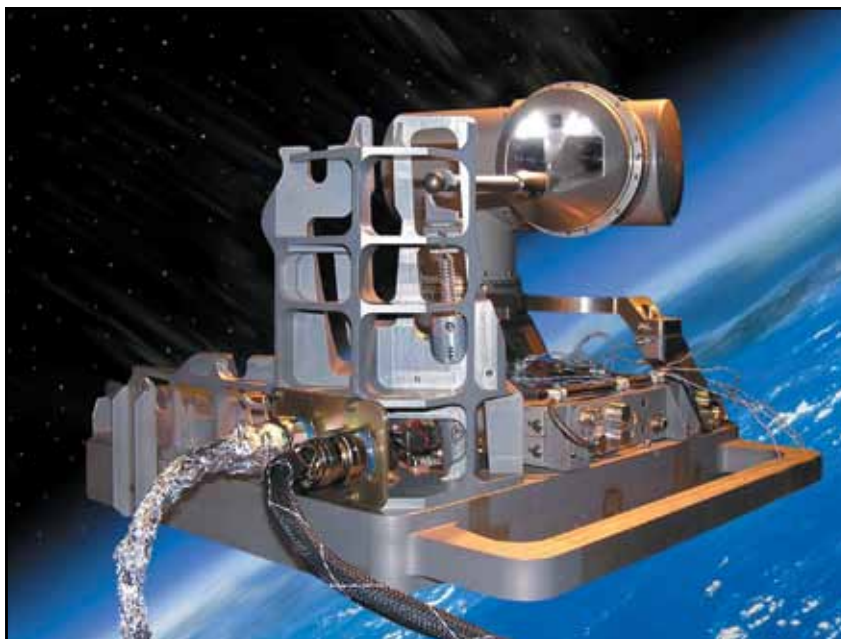


Рис. 3. Космический манипулятор ROKVISS

общему критерию (в космической технике это часто минимум массы, габаритов, энергопотребления), необходимо переходить от декомпозиции к системному синтезу. В космической робототехнике переход от модульного построения к такой системной оптимизации необходим при проектировании робототехнических систем длительного специализированного применения типа упомянутого манипулятора для корабля Shuttle или планетохода [1].

В робототехнике принцип модульного построения был впервые предложен и реализован в ЦНИИ РТК и получил широкое распространение в рамках промышленной робототехники, минимизируя материально-техническое обеспечение неограниченно растущей номенклатуры промышленных роботов в целом. В рассматриваемом случае он может обеспечить такую минимизацию для номенклатуры роботов, требующихся на борту космиче-

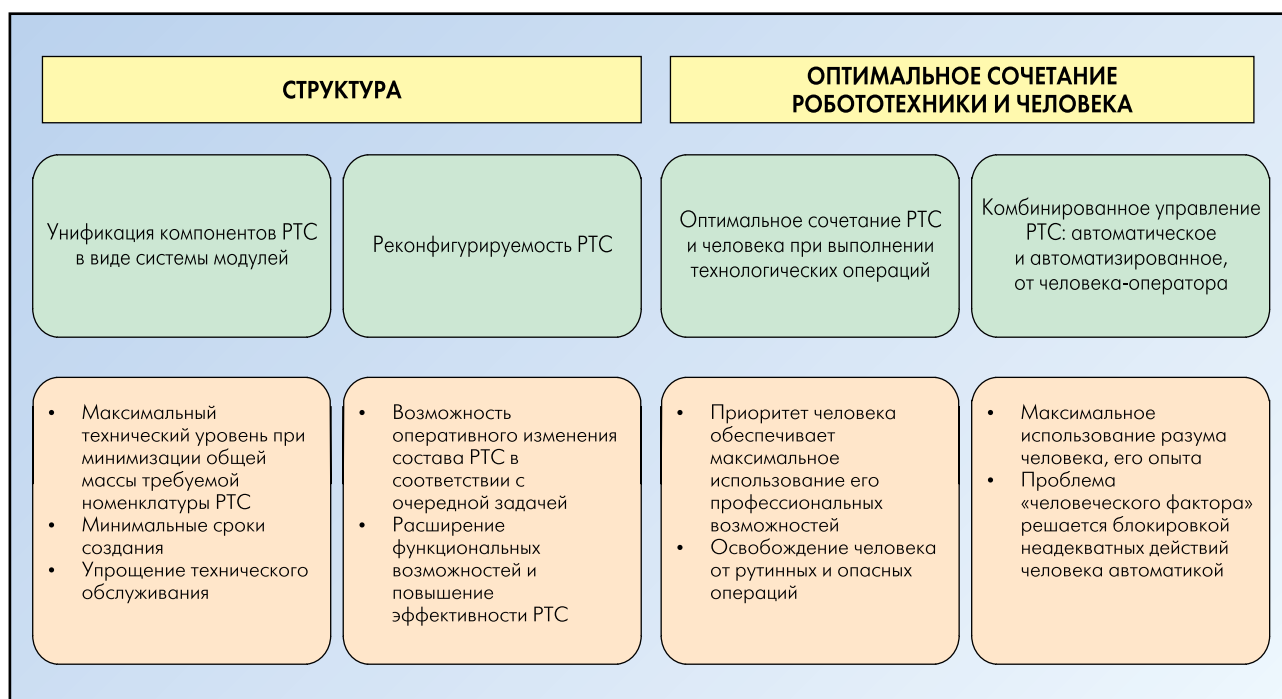


Рис. 4. Принципы построения космических робототехнических систем (РТС)

ского аппарата конкретного назначения или для освоения луны.

Второй принцип: реконфигурируемость робототехнических систем, то есть возможность создания систем переменной структуры (состава).

Возможность изменения состава робототехнической системы, в том числе и непосредственно в ходе ее применения, 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 – также модульное построение. Реализация его означает, например, поставку на борт вместо нескольких различных роботов конкретного назначения одного робота некоторой базовой комплектации и набора функциональных модулей к ней для возможности изменения состава системы и соответственно ее функционального назначения, включая манипуляционные и локомоторные (транспортные) исполнительные системы, сенсоры и их информационное обеспечение в соответствии с очередной подлежащей выполнению операцией. Это позволит также осуществлять ремонт этих систем.

Этот принцип открывает принципиально новый этап в космической робототехнике.

Третий принцип: оптимальное сочетание средств робототехники и человека при выполнении конкретных операций. Речь идет о специфическом именно для космонавтики оптимальном взаимодействии космонавта и техники, которое определяется следующими обстоятельствами:

- ▶ сложными внешними условиями, включая вообще недопустимые для непосредственного присутствия человека;
- ▶ ограниченными возможностями выполнения космонавтом отдельных операций, особенно в открытом космосе (большие размеры и масса объектов манипулирования, вероятность непрогнозируемых внештатных ситуаций);
- ▶ повышенной ответственностью

и важностью подлежащих выполнению операций;

- ▶ удаленностью от наземных 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 их блокировки при возникновении каких-либо нештатных ситуаций. Таким образом, робототехника позволяет решить проблему “человеческого фактора” путем такого распределения задач между человеком и техникой, когда человек максимально освобождается от выполнения психологически напряженных и утомительных и тем более опасных 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 влияния “человеческого фактора” в свою очередь должен быть осуществлен контроль со стороны автоматики за действиями человека путем установления формализованных рамок для этих действий, чтобы исключить его неадекватные действия, в том числе 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 и с Земли).

Современный этап развития систем автоматического управления – это освоение методов искусственного интеллекта, имити-

рующих основанные на знаниях алгоритмы формализуемого вербального (левополушарного) мышления человека [2].

Эти методы в полной мере используются 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, необходимо подключение неформализуемых интуитивных способностей человека. В настоящее время в этих случаях приходится переходить непосредственно к управлению от человека-оператора. Для возможности выполнения таких операций автоматически предстоит освоить в системах управления роботов методы креативного (правополушарного) образного мышления человека. Это означает создание нового поколения роботов после интеллектуальных – разумных роботов (интеллект + креативность).

Рассмотренные принципы находятся в разной степени реализации, но основное первоочередное их назначение – это прежде всего стать научно-технической базой для долговременного планирования развития отечественной космической робототехники. Первым этапом этих работ должно стать определение сводных потребностей в средствах космической робототехники, унификации их номенклатуры и технических требований к ним.

Е. И. Юевич,
почетный главный конструктор,
ГНЦ РФ “ЦНИИ робототехники
и технической кибернетики”

Литература

1. В. А. Лопота, В. И. Юдин, Е. И. Юевич. О системном подходе к развитию экстремальной робототехники. Актуальные проблемы защиты и безопасности. Т. 5, СПб: Астерион, 2005.
2. Интеллектуальные роботы. Под ред. Е. И. Юевича, М.: Машиностроение, 2007.