

УДК 004.896:629.78.007

О СОЗДАНИИ КОМПЛЕКСНОГО СТЕНДА-ТРЕНАЖЕРА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ НА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина, Д.А. Петелин,
Ю.С. Чеботарев, Э.В. Никитов, А.В. Фалеев, И.А. Пеньков

Докт. техн. наук, проф. В.А. Дикарев; канд. техн. наук, доц. А.Н. Симбаев; Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации, космонавт-испытатель отряда космонавтов ГК «Роскосмос» А.Ю. Кикина; Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации, космонавт-испытатель отряда космонавтов ГК «Роскосмос» Д.А. Петелин; Ю.С. Чеботарев; Э.В. Никитов, А.В. Фалеев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») И.А. Пеньков (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

В статье рассматриваются вопросы дальнейшего развития универсального компьютерного стенда робототехнических систем (УКС РТС) с целью подготовки космонавтов к управлению робототехническими системами (РТС) для формирования умений и навыков в различных условиях их эксплуатации при реализации перспективных пилотируемых космических программ (ППКП). Рассмотрены варианты создания комплексного стенда-тренажера РТС (КСТ РТС), позволяющие проводить исследования и экспериментальную обработку проблемных вопросов взаимодействия космонавтов с РТС в интересах технической и информационной поддержки деятельности экипажей. Рассмотрен состав КСТ РТС и предложены структурные схемы его составных частей.

Ключевые слова: комплексный стенд-тренажер, робототехнические системы, информационно-моделирующая среда, коллаборативное взаимодействие, космический эксперимент

On the Creation of an Integration Simulator Stand of Robotic Systems for Implementing Scientific and Applied Tasks onboard the Russian Orbital Station. V.A. Dikarev, A.N. Simbaev, A.Yu. Kikina, D.A. Petelin, Yu.S. Chebotarev, E.V. Nikitov, A.V. Faleev, I.A. Penkov

The paper considers the issues of further development of a universal computer-assisted stand of robotic systems (UKS RTS) in order to train cosmonauts for controlling robotic systems (RTS) and acquiring skills and abilities to operate them under various conditions during the implementation of future manned space programs. Also, it covers options for creating an integration simulator stand of robotic systems that allow studying and processing the problems of interaction between cosmonauts and robotic systems in the interests of technical and information support of crew's activities. The complement of UKS RTS is considered and structural schemes of its components are given.

Keywords: integration simulator stand, robotic systems, information-modelling environment, collaborative interrelation, space experiment

КСТ РТС предназначен для подготовки космонавтов к управлению РТС при выполнении ППКП на российской орбитальной станции (РОС), для подготовки и проведению целевых работ (ЦР) по космической робототехнике, включая исследования и экспериментальную отработку проблемных вопросов взаимодействия космонавтов с РТС в интересах обеспечения операционной и информационной поддержки деятельности экипажей при реализации ППКП, а также для формирования у космонавтов умений и навыков по взаимодействию с РТС космического назначения [1–4].

КСТ РТС должен потенциально способствовать существенному повышению эффективности выполнения научно-прикладных и поисковых исследований, подготовке и проведению ЦР по робототехнике на РОС.

При этом реализация новых задач КСТ РТС, в том числе в интересах расширения и развития робототехнического обеспечения РОС, должна быть направлена:

1) на внедрение интеллектуальных интегрированных технологий виртуальной, дополненной реальности и манипуляции (элементов искусственного интеллекта) в РТС:

– для трансформации роботов-помощников космонавтов в роботопартнеров космонавтов, которые обеспечат их взаимодействие с эффектом сотрудничества в процессе выполнения совместной деятельности и расширения задач на РОС с использованием коллаборативных РТС;

– разработки РТС, обеспечивающих выполнение задач во время отсутствия космонавтов, что для посещаемой РОС является актуальным;

2) на подготовку и выполнение научно-прикладных и поисковых исследований по космической робототехнике в рамках предполагаемых направлений перспективных целевых работ на РОС, которые могут заключаться в экспериментальных исследованиях по применению в условиях пилотируемых космических полетов (ПКП) отечественных:

– компонентов и материалов (элементов мехатроники (смазок, подшипников и т. п.), электроники, программного обеспечения) с последующей сертификацией и унификацией для создания экспериментальных образцов и штатных робототехнических и интеллектуальных систем (РИС);

– объектов и процессов для оценки адекватности их моделей, используемых при создании, испытании и исследовании экспериментальных образцов РИС для ПКП, а также при подготовке космонавтов;

– экспериментальных образцов роботов-помощников с элементами искусственного интеллекта, обеспечивающих информационную и операционную поддержку деятельности космонавтов (в частности, при управлении бортовым оборудованием, научной аппаратурой);

– образцов РТС, обеспечивающих бигеминальность и коллаборативность в процессе выполнения совместной деятельности;

- РТС, обеспечивающих замещение деятельности космонавтов (особенно актуально для посещаемых орбитальных космических станций, а в перспективе – для напланетных баз);
- интеллектуальных систем виртуальной, дополненной и смешанной реальности для обеспечения безопасной деятельности экипажей ПКА;
- ручных режимов РИС (в частности, для управления бортовым оборудованием, научной аппаратурой) в интересах адаптации подготовки космонавтов и усовершенствования этих систем для выполнения ППКП по исследованию и освоению объектов Солнечной системы;
- беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для информационной поддержки экипажей после посадки возвращаемого аппарата (ВА) на Землю с орбитальной космической станции в рамках создания комплекса поиска и спасения космонавтов при старте пилотируемого транспортного корабля (ПТК) с космодрома Восточный;
- робототехнических технологий и средств для лиц с ограниченными возможностями в условиях ППКП;
- технологий и средств ситуационного дистанционного управления РИС для ПКА в рамках создания наземного пункта управления ими;
- средств обеспечения вестибулярной устойчивости космонавтов и механизмов ее натренированности применительно к использованию систем виртуальной, дополненной и смешанной реальности в деятельности экипажей ПКА.

Предлагаемый для реализации вышеуказанных задач состав КСТ РТС может иметь следующие варианты исполнения (рис. 1):

- стационарный;
- мобильный;
- бортовой, который аналогичен по отношению к мобильному КСТ РТС.

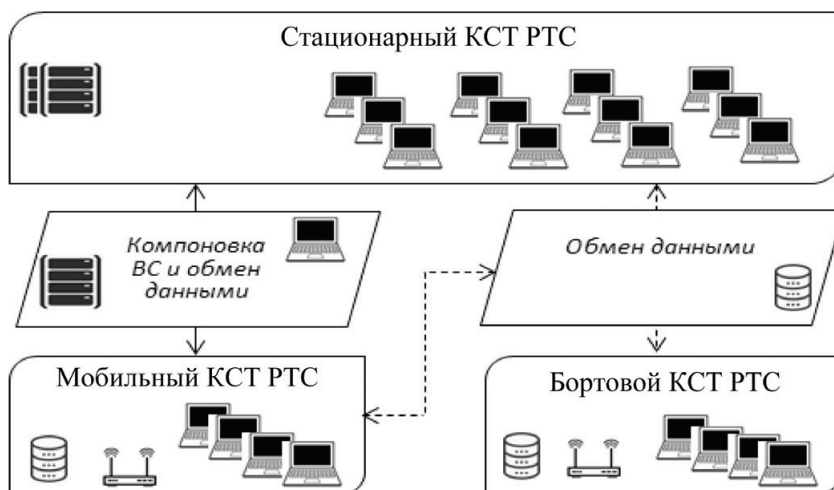


Рис. 1. Обобщенный состав КСТ РТС

КСТ РТС может представлять собой:

1. Объединенную совокупность стендов-тренажеров (СТ) РТС (дополняемых и/или обновляемых):

– сервисных (в том числе, антропоморфного типа) РТС (СРТС), созданных на основе задела приобретенного и развиваемого потенциала УКС РТС,

– роботизированных манипуляторов (манипуляционных РТС (МРТС)),

– роверов (транспортных РТС (ТРТС)),

– БПЛА,

– информационно-интеллектуальных устройств (РИИУ), адаптируемых к научной аппаратуре по космической робототехнике для РОС, лунных миссий (ЛМ) и т. п.

2. Объединенную совокупность кейсов (дополняемых и/или обновляемых) поддержки космической деятельности с помощью РТС, в том числе:

– на околоземных орбитах, включая РОС,

– в ближнем космосе, включая на окололунных орбитах и на поверхности Луны,

– в дальнем космосе, включая на околомарсианских орбитах и на поверхности Марса.

ТСРТС в составе КСТ РТС могут быть использованы как автономно – для отработки взаимодействия космонавтов с конкретными типами РТС, так и совместно – для отработки взаимодействия космонавтов с сочетающимися типами РТС, в частности, роботизированный ровер – роботизированный манипулятор – антропоморфный робот.

Система «роботизированный ровер – роботизированный манипулятор – антропоморфный робот» может быть применима при исследовании и освоении Луны:

– для проведения монтажных и демонтажных работ на внешних возвышающихся конструкциях рассредоточенной инфраструктуры лунной базы;

– технического обслуживания и ремонта лунных взлетно-посадочных комплексов, роботизированных и механизированных средств и т. п.

Роботизированные информационно-интеллектуальные устройства могут быть использованы как в процессе внутрикорабельной (ВнуКД) и внекорабельной деятельности (ВКД) экипажей РОС, так и в процессе внутрибазовой и внебазовой напланетной деятельности для оперативной и информационной поддержки экипажей ЛМ.

Прогнозируемые результаты исследований могут оказаться полезными при выполнении ФГБУ ВНИИПО МЧС России научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию и применению РТС пожаротушения в агрессивных средах со схожими факторами космического пространства с учетом экспериментальных данных по отработанным коллаборативным роботизированным технологиям и средствам на РОС [7].

Описание КСТ РТС и его составных частей

На рис. 2 и 3 представлена структурная схема *стационарного* и *мобильного* КСТ РТС, направленная на отработку:

- научно-технического задела коллаборативных робототехнических технологий и средств (КРТиС);
- новых технологий при создании и обосновании сценариев использования КРТиС;
- операционной и информационной поддержки деятельности космонавтов с использованием КРТиС.

Стационарный КСТ РТС включает в себя 12 однотипных, взаимозаменяемых компьютеров (каждый компьютер имеет одинаковые технические характеристики, а также единый пакет специального программного обеспечения), используемых в качестве автоматизированных рабочих мест (АРМ):

- АРМ РТС – рабочие места, к которым подключены задающие устройства для управления РТС, а также средства визуализации технического зрения;

- АРМ – отображения технического зрения РТС, фиксации технических параметров – рабочие места, на которые выводится видеоинформация от системы технического зрения РТС и/или на которых ведется фиксация различных технических параметров задающих устройств и РТС;

- АРМ отображения среды деятельности РТС, фиксации медицинских показателей оператора – рабочие места, на которые выводится видеоинформация от внешних потоковых видеокамер, установленных в зоне работы РТС, либо видеоинформация симулятора виртуальной модели зоны работы РТС и/или на которых ведется фиксация медицинских показателей операторов РТС;

- сервер, имеющий сетевые коммутаторы (проводной и беспроводной связи) для обеспечения связи между АРМ, хранилище данных для формирования баз данных (БД) и устройство бесперебойного питания для обеспечения питания серверов и экранов общего пользования в случае отсутствия централизованного электропитания;

- экраны общего пользования, на которые выводится обобщенная либо персонифицированная видеоинформация от всех АРМ, для оценки действий операторов РТС специалистами и экспертами;

- комплекс (программно-аппаратных средств) для сопряжения лабораторного варианта КСТ с его мобильным и бортовым вариантами.

На структурной схеме *стационарного* КСТ РТС (СКСТ) изображены:

- сплошными линиями и стрелками – потоки данных, команды управления и обратной связи между АРМ, РТС, комплексом сопряжения, экранами общего пользования, потоковыми видеокамерами;

- пунктирной линией – среда деятельности различных РТС (реальная с физическими образцами либо виртуальная).

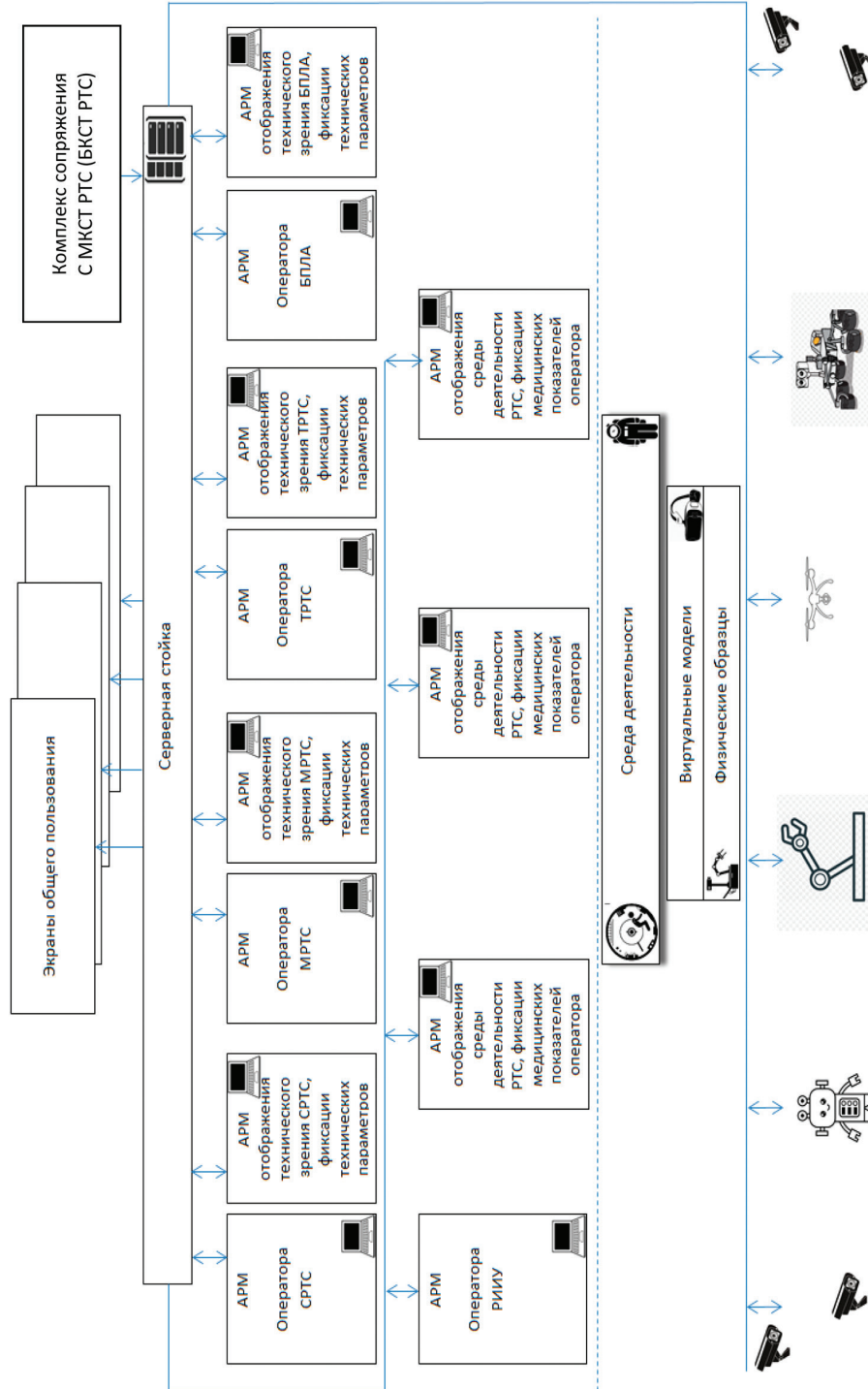


Рис. 2. Структурная схема стационарного КСТ PTS

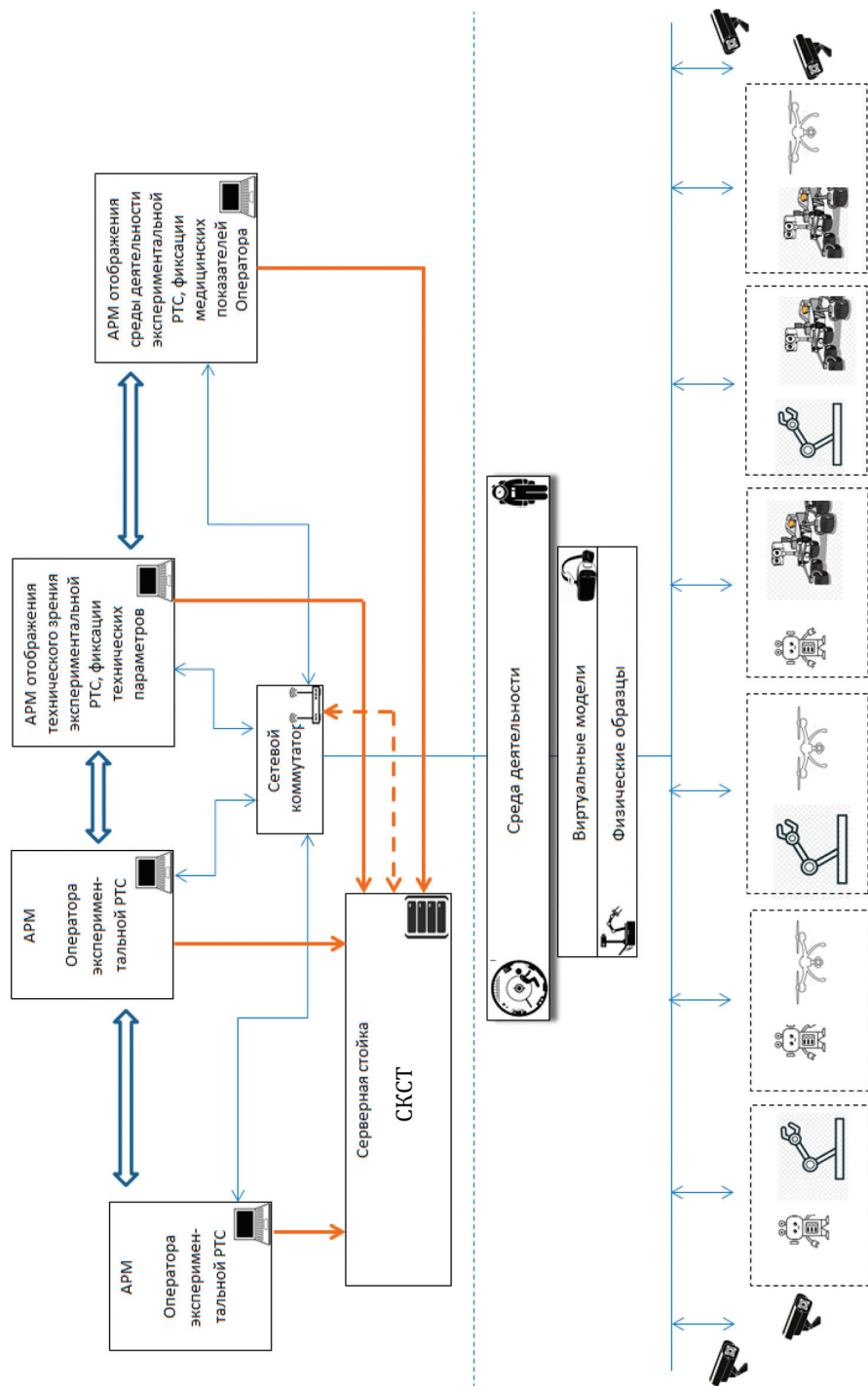


Рис. 3. Структурная схема мобильного КСТ РТС

Мобильный КСТ РТС включает в себя четыре однотипных, взаимозаменяемых компьютера (каждый компьютер имеет одинаковые технические характеристики, а также единый пакет специального программного обеспечения), используемые в качестве АРМ:

- АРМ РТС – рабочие места, к которым подключены задающие устройства для управления РТС, а также средства визуализации технического зрения;

- АРМ отображения технического зрения РТС и фиксации технических параметров – рабочие места, на которые выводится видеoinформация от системы технического зрения РТС и/или на которых ведется фиксация различных технических параметров задающих устройств и РТС.

На структурной схеме *мобильного КСТ РТС* (МКСТ) обозначены:

- сплошными синими линиями и стрелками – потоки данных, команды управления и обратной связи между АРМ, РТС, потоковыми видеокамерами;

- оранжевыми стрелками – возможные способы подключения средств МКСТ к комплексу сопряжения;

- пунктирной линией – среда деятельности различных РТС (реальная с физическими образцами, либо виртуальная);

- в пунктирных рамках – возможные варианты используемых РТС (физических или виртуальных);

- фигурными стрелками – взаимозаменяемость компьютеров в качестве их применения как АРМ.

Бортовой КСТ РТС включает в себя (рис. 4) четыре однотипных, взаимозаменяемых компьютера (каждый компьютер имеет одинаковые технические характеристики, а также единый пакет специального программного обеспечения), используемые в качестве АРМ:

- АРМ РТС – рабочие места, к которым подключены задающие устройства для управления РТС, а также средства визуализации технического зрения;

- АРМ отображения технического зрения РТС, фиксации технических параметров – рабочие места, на которые выводится видеoinформация от системы технического зрения РТС и/или на которых ведется фиксация различных технических параметров задающих устройств и РТС;

- АРМ отображения среды деятельности РТС, фиксации медицинских показателей оператора – рабочие места, на которые выводится видеoinформация от внешних потоковых видеокамер, установленных в зоне работы РТС, либо видеoinформация симулятора виртуальной модели зоны работы РТС и/или на которых ведется фиксация медицинских показателей операторов РТС;

- сетевой коммутатор (проводной и беспроводной связи для обеспечения взаимодействия между АРМ, РТС, внешними потоковыми камерами);

- съемный носитель информации, имеющий возможность подключения к комплексу (программно-аппаратных средств) для сопряжения бортового варианта КСТ с сервером СКСТ;

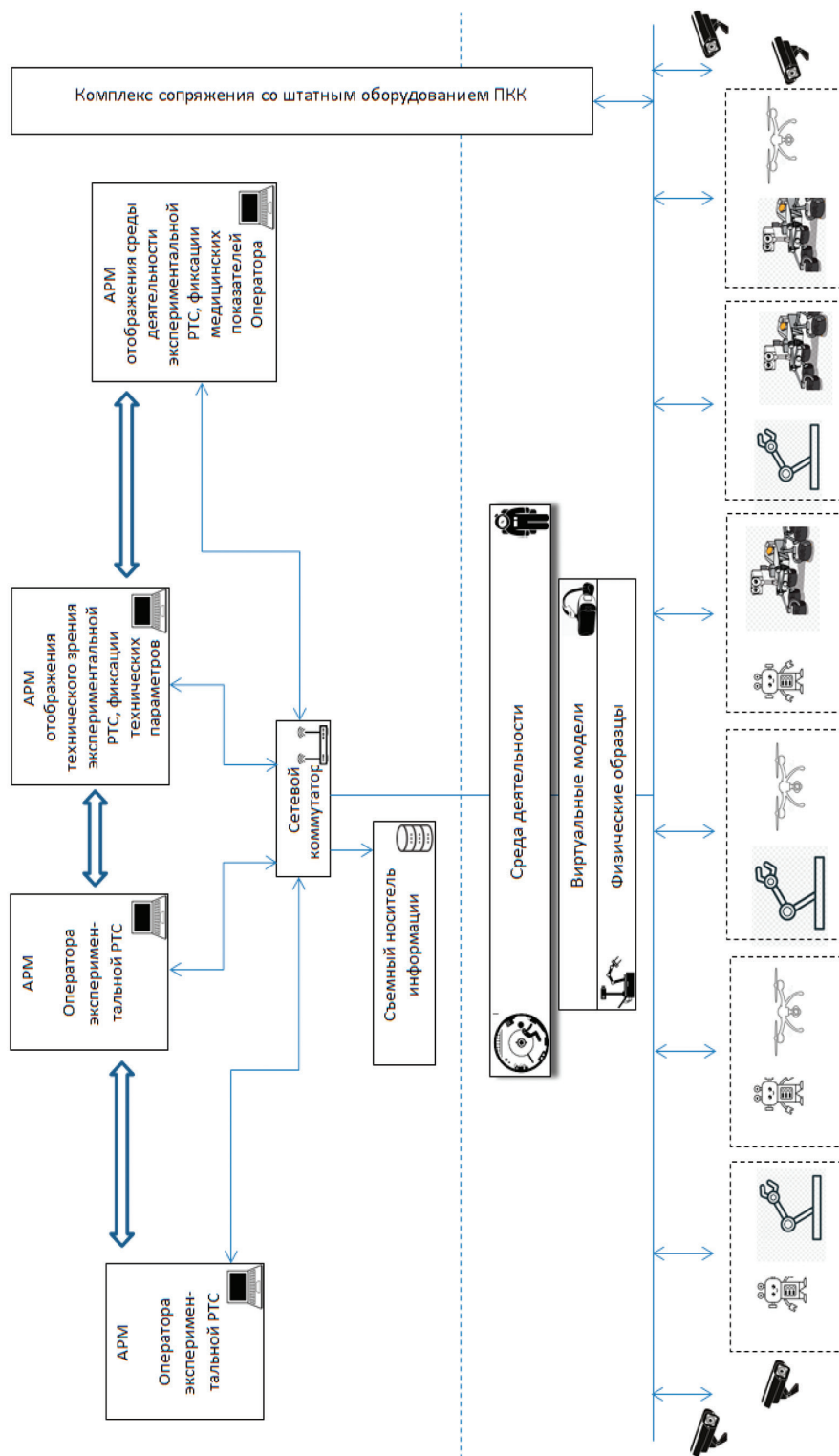


Рис. 4. Структурная схема бортового КСТ РТС

На структурной схеме *бортового* КСТ РТС представлены:

- сплошными синими линиями и стрелками – потоки данных, команды управления и обратной связи между АРМ, РТС, потоковыми видеокамерами;
- пунктирной линией структурно отделена среда деятельности различных РТС (реальная с физическими образцами либо виртуальная);
- в пунктирных рамках – возможные варианты используемых РТС (физических или виртуальных);
- фигурными стрелками – взаимозаменяемость компьютеров в качестве их применения как АРМ.

Структурная схема *бортового* КСТ РТС представлена на примере решения частных задач в обеспечение функционирования ПКК, обслуживания их систем в беспилотном полете и при нештатных ситуациях, а также ограничениях функциональных возможностей членов экипажа при совместном выполнении операций ВнуКД и ВКД, направленных:

- на отработку в условиях факторов космического пространства экспериментальных исследований (ЭИ) применимости новых технологий, используемых при разработке (КРТиС);
- отработку в условиях факторов космического пространства ЭИ реализуемости сценариев использования КРТиС;
- отработку в условиях факторов космического пространства ЭИ результативности операционной и информационной поддержки деятельности космонавтов с использованием КРТиС;
- отработку в условиях факторов космического пространства ЭИ сравнительной оценки операторской деятельности космонавта с использованием КРТиС.

Ядром КСТ РТС может стать информационно-моделирующая среда [5, 6], обладающая «дружественными» интерфейсами для различных задающих (жестких или мягких задающих устройств копирующего типа, силовых джойстиков, семистепенных и т. п.), отображающих (средств отображения информации, модулей визуализации), воспроизводящих (средство воспроизведения окружения – видеокамер, микрофонов и т. д.) и исполнительных (прототипов антропоморфных роботов, роботизированных манипуляторов, роботизированных роверов, роботизированных информационно-интеллектуальных устройств и т. п.) устройств, включая различные элементы тренажерных образцов научной аппаратуры по робототехнике, используемых для подготовки космонавтов к космическим экспериментам.

Информационно-моделирующая среда КСТ РТС может обеспечивать отработку взаимодействия космонавтов для следующих возможных вариантов применения РТС:

- для одиночного (управление космонавтом одним конкретным типом РТС или сочетанием типов РТС);
- группового (управление космонавтом/космонавтами) группой конкретных типов РТС или сочетаний типов РТС);

– коллаборативного одиночного (выполнение космонавтом операций совместно с одним конкретным типом РТС или сочетанием типов РТС, находящихся под управлением другого космонавта или работающих автономно);

– коллаборативного группового (выполнение космонавтом (космонавтами) операций совместно с группой конкретных типов РТС или сочетаний типов РТС, находящихся под управлением других космонавтов или работающих автономно) и т. п.

Информационно-моделирующая среда КСТ РТС может предусматривать реализацию технологии:

– виртуальной реальности – для отработки взаимодействия космонавтами всех возможных вариантов применения РТС без исполнительных устройств;

– дополненной реальности – для отработки взаимодействия космонавтами всех возможных вариантов применения РТС с исполнительными устройствами;

– сочетания дополненной и виртуальной реальности – для отработки взаимодействия космонавтами всех возможных вариантов применения РТС с реальными совместно с виртуальными исполнительными устройствами в реальных и/или виртуальных окружениях.

В КСТ РТС желательно предусмотреть возможность комбинирования технологий виртуальной и дополненной реальности для отработки взаимодействия космонавтами в разных вариантах применения РТС при наличии ограниченного количества исполнительных устройств (для группового применения РТС и коллаборативного группового применения РТС).

Желательно, чтобы информационно-моделирующая среда КСТ РТС обладала возможностью генерации новых виртуальных сцен и объектов из ранее созданных или типовых, а также возможностью регенерации созданных виртуальных сцен и объектов для внесения в них уточнений и дополнений.

При создании КСТ РТС может быть использован задел приобретенного и развиваемого потенциала УКС РТС [3–5].

КСТ РТС по аналогии с УКС РТС должен предусматривать возможность проведения концептуальных и системных экспериментальных исследований в лабораторных условиях, а также прикладных, и поисковых экспериментальных исследований вне лабораторных условий, следовательно, обладать стационарными и мобильными свойствами, реализованными через соответствующие варианты исполнения.

Базовой частью *стационарного* КСТ РТС является установленное специальное программное обеспечение в предварительно сконфигурированную вычислительную сеть (через сетевой коммутатор, установленный в серверной стойке) из 12 однотипных компьютеров для обеспечения концептуальных и системных лабораторно-экспериментальных исследований в интересах отработки КТРС в виртуальной среде и с их физическими образцами

задающих и исполнительных устройств в лабораторных условиях. Информация, обрабатываемая вычислительной сетью (формируемая виртуальная среда симулятора, среда деятельности РТС, техническое зрение РТС (как виртуальной, так и физической), данные, снимаемые с задающих устройств разного типа, телеметрическая и медицинская информация) может сохраняться в БД на сервере, установленном в серверной стойке, а также выводиться на экраны общего пользования. Вход в БД и работа с хранящейся в ней информацией может осуществляться с любого компьютера КСТ. Связь компьютеров КСТ с физическими образцами РТС может осуществляться через коммутатор, а также используя беспроводные каналы связи Wi-Fi и Bluetooth. Обзор среды деятельности РТС осуществляется через стационарные либо переносные потоковые камеры, подключенные к серверной стойке и связанные с коммутатором и сервером. Подключение задающих устройств к компьютерам КСТ осуществляется через их стандартные порты (USB, HDMI, 3.5 Jack). Серверная стойка оснащается устройством бесперебойного питания для обеспечения сохранения данных, а также питания экранов общего пользования и стационарных потоковых камер при отключении централизованного электропитания.

Базовой частью *мобильного* КСТ РТС является установленное специальное программное обеспечение в предварительно сконфигурированную вычислительную сеть с использованием коммутатора (роутера с возможностью беспроводной связи Wi-Fi) из четырех однотипных компьютеров (заимствованных из лабораторного варианта) для обеспечения прикладных и поисковых внелабораторно-экспериментальных исследований в интересах отработки КТРС в виртуальной среде и с их физическими образцами задающих и исполнительных устройств в условиях наземной имитации особенностей ППКП. Данные, обрабатываемые МКСТ сохраняются на имеющихся носителях компьютеров, а при подключении их к сети ЛКСТ автоматически сохраняются в БД синхронизировано по времени.

Базовой частью *бортового* КСТ РТС является установленное специальное программное обеспечение в предварительно сконфигурированную вычислительную сеть с использованием коммутатора (роутера с возможностью беспроводной связи Wi-Fi) из четырех однотипных бортовых компьютеров для воссоздания на РОС аналогичного мобильного КСТ РТС, являющегося составной частью ТСПК РОС и позволяющего производить отработку КТРС в виртуальной среде и с их физическими образцами задающих и исполнительных устройств в условиях факторов космического пространства. Данные, обрабатываемые бортовой версией КСТ, сохраняются на имеющихся носителях компьютеров, а при необходимости могут быть перенесены на съемный носитель информации, подключаемый к мобильному коммутатору, для дальнейшего возвращения на Землю.

Оценка предполагаемого технического уровня

Аналогом стационарного (мобильного) КСТ РТС (его составной части – СТ СРТС) является модернизированный УКС РТС ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (рис. 5), включающий мобильное автоматизированное рабочее место (АРМ-М) для отработки процессов взаимодействия космонавтов с экспериментальными РТС в виртуальной среде и с использованием физических образцов их задающих и исполнительных устройств (разработчик – АО «НПО «Андроидная техника»).

Стационарный КСТ РТС, включающий в свой состав СТ СРТС, создается на основе преемственности задела приобретенного и развиваемого потенциала УКС РТС в соответствии с моделью его развития (рис. 6).



Рис. 5. Общий вид УКС РТС

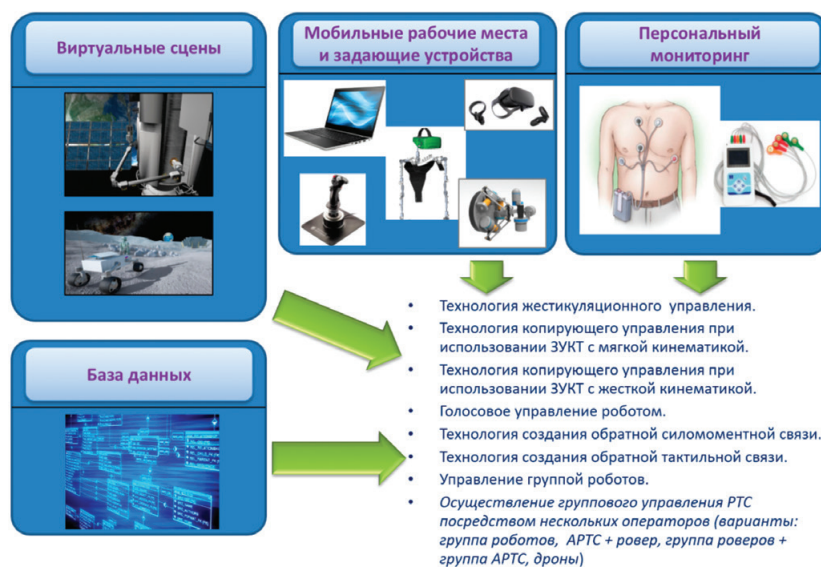


Рис. 6. Модель развития УКС РТС

В частности, это обеспечит проведение:

– на мобильном КСТ РТС, сконфигурированном с учетом особенностей СТ СРТС прикладных и поисковых ЭИ СРТС в виртуальной среде и с их физическими образцами задающих и исполнительных устройств в условиях наземной имитации особенностей ППКП;

– на бортовом КСТ РТС – прикладных и поисковых ЭИ СРТС в виртуальной среде и с их физическими образцами задающих и исполнительных устройств в условиях факторов космического пространства.

Бортовой КСТ РТС, обладая вычислительными ресурсами и расширенным интерфейсом, позволит разработчикам научной аппаратуры ЦР по робототехнике на РОС создавать их элементы (специальное программное обеспечение в предварительно сконфигурированную вычислительную сеть, виртуальные модели, физические образцы задающих и исполнительных устройств экспериментальных РТС и т. д.), предварительно согласованные с вычислительными возможностями и компонентами его интерфейса, что обеспечит «мягкую» интеграцию с РОС.

В стационарном (мобильном) и бортовом КСТ РТС реализуются принципы модульного построения, структурной универсальности и элементной совместимости, включая специальное программное обеспечение, виртуальные модели экспериментальных РТС и физические образцы их задающих и исполнительных устройств, а также обеспечения сопряженности решаемых на них задач.

Выводы

Рассмотрены основные направления развития созданного в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» КСТ РТС, позволяющего проводить подготовку космонавтов, а также исследования и экспериментальную обработку проблемных вопросов взаимодействия космонавтов с РТС в интересах технической и информационной поддержки деятельности экипажей.

Предложены варианты состава и структуры КСТ РТС:

– стационарный – для проведения концептуальных и системных научно-лабораторных исследований, в том числе при проектировании и предварительной отработке сценариев и конфигураций ЭИ;

– мобильный – для проведения поисковых и научно-прикладных исследований;

– бортовой – для проведения поисковых и научно-прикладных исследований на РОС.

Предложенные варианты КСТ РТС могут быть использованы для решения следующих задач:

– подготовка космонавтов к управлению РТС (как физическими прототипами, так и виртуальными моделями) различного целевого назначения и конструктивного исполнения в различных условиях эксплуатации при реализации ППКП;

- формирование у космонавтов умений и навыков по использованию РТС в ППКП;
- проведение исследований и экспериментальной отработки проблемных вопросов взаимодействия космонавтов с РТС в интересах обеспечения технической и информационной поддержки деятельности экипажей при реализации ППКП;
- оценка человеко-машинных интерфейсов и функциональных возможностей космонавтов при использовании различных РТС;
- формирование исходной БД для проведения космических экспериментов в части взаимодействия космонавтов с образцами РТС, планируемыми к реализации в ППКП и т. п.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Испытатель: эксперимент / ЦНИИмаш: [сайт]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/ispytatel/> (дата обращения 16.05.2022).
- [2] Теледроид: эксперимент / ЦНИИмаш: [сайт]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/teledroid/> (дата обращения 16.05.2022).
- [3] Предпосылки и результаты модернизации универсального компьютерного стенда робототехнических систем / В.А. Дикарев, В.А. Довженко, Э.В. Никитов, Ю.С. Чеботарев // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 4(41). – С. 36–47.
- [4] Чеботарев, Ю.С. О некоторых направлениях обеспечения коллаборативного взаимодействия космонавтов с робототехническими системами для пилотируемых космических полетов / Ю.С. Чеботарев, В.А. Дикарев. – DOI: 10.31776/ConfER.32.2021 // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», Санкт-Петербург, 2021. – С. 65–77.
- [5] О возможности отработки коллаборативного использования антропоморфной и манипуляционной робототехнической системы для операционной поддержки внекарабельной деятельности космонавтов / В.А. Дикарев, А.Ю. Кикина, Ю.С. Чеботарев, Э.В. Никитов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 3(44). – С. 69–84.
- [6] Исследование возможностей использования робототехнических систем для поддержания операторской деятельности экипажей и формирования экосистемы/микроклимата сотрудничества / В.А. Дикарев, В.И. Дубинин, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 15–31.
- [7] Симанов, С.Е. Актуальность противопожарной защиты объектов ракетно-космической с наличием компонентов жидких ракетных топлив с помощью противопожарных робототехнических средств / С.Е. Симанов, И.В. Нестеров, И.А. Пеньков // Информационная безопасность: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – С. 119–124.

REFERENCES

- [1] Ispytatel: experiment // TsNIIMash: [website]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/ispytatel/> (accessed 16.05.2022).

- [2] Teledroid: experiment // TsNIIMash: [website]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/teledroid/> (accessed 16.05.2022).
- [3] Motivation and Results of Modernization of Multipurpose Computer-Aided Simulator of Robotic Systems / V.A. Dikarev, V.A. Dovzhenko, E.V. Nikitov, Yu.S. Chebotarev // Manned Spaceflight. – 2021. – No 4(41). – P. 36–47.
- [4] Chebotarev, Yu.S. On Some Directions of Ensuring Collaboration of Cosmonauts with Robotic Systems for Manned Space Flights / Yu.S. Chebotarev, V.A. Dikarev. – DOI: 10.31776/ConfER.32.2021 // Proceedings of the International Scientific and Technological Conference “Extreme robotics”, Saint-Petersburg, 2021. – P. 65–77.
- [5] The Possibility of Maturing the Collaborative Use of the Anthropomorphic Manipulation Robotic System for Operational Support of Cosmonaut’s Extravehicular Activity / V.A. Dikarev, A.Yu. Kikina, Yu.S. Chebotarev, E.V. Nikitov [at el.] // Manned Spaceflight. – 2022. – No 3(44). – P. 69–84.
- [6] Investigation of Robotic Systems Possibilities to Support Crew Operator Activity and Formation of Cooperation Ecosystem / V.A. Dikarev, V.I. Dubinin, A.N. Simbaev, A.Yu. Kikina [at el.] // Manned Spaceflight. – 2023. – No 2(47). – P. 15–31.
- [7] Simanov, S.E. Relevance of Fire Protection of Rocket-Space Objects with the Presence of Liquid Rocket Fuel Components Using Fire-Fighting Robotic Means / S.E. Simanov, I.V. Nesterov, I.A. Penkov // Information Safety: Yesterday, Today, Tomorrow. – 2019. – P. 119–124.