

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.78.072

DOI 10.34131/MSF.22.1.50-69

СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В.В. Батраков, В.И. Брагин, В.Н. Саев

В.В. Батраков; В.И. Брагин; докт. техн. наук В.Н. Саев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены аппаратно-программные комплексы (АПК) космических тренажеров и функциональных систем тренажерного комплекса российского сегмента Международной космической станции (ТКРС МКС), определяющие структуру и функциональность его системы отображения информации (СОИ). Объектом исследования является ТКРС МКС. Предметом исследования является СОИ тренажерного комплекса РС МКС. Представлен современный облик СОИ тренажерного комплекса РС МКС. Показано, что в результате интеграции в ТК тренажеров новых модулей РС МКС, регулярных модернизации, доработки и обновления их АПК приводит к изменению самой структуры СОИ, ее качества и технического содержания.

Ключевые слова: космические тренажеры, функциональные системы, тренажерный комплекс российского сегмента, аппаратно-программный комплекс, система отображения информации, устройства отображения информации.

Structure and Management Functions of the System Displaying Information of the Simulator the Complex of the Russian Segment International Space Station. V.V. Batrakov, V.I. Bragin, V.N. Saev

The article considers hard- and software complexes (HSC) of space simulators and functional systems of the simulator complex on the International Space Station Russian Segment (ISS RS SC) determining the structure and functionality of its information display system (IDS). The object of the study is the simulator complex of the ISS RS. The subject of the study is the IDS of the simulator complex of the ISS RS. The present-day look of the IDS of the ISS RS simulator complex is presented. It is shown that as a result of the integration of new modules of the ISS RS into the simulator complex as well as regular upgrades, improvements and updates of their hard- and software complexes lead to a change in the IDS structure, its quality and technical content.

Keywords: space simulators, functional systems, simulator complex of the Russian Segment, hardware and software complex, information display system, information display devices.

Одной из важнейших задач операторской деятельности на тренажерном комплексе РС МКС является прием и переработка информации. Контроль и управление процессом проведения тренировок осуществляется операторами посредством СОИ, которая является частью системы управления тренировкой (СУТ) тренажерного комплекса.

СОИ – это комплекс аппаратных и программных средств, объединенных единой целью (отображение информационной модели управляемого объекта, процесса) и общим алгоритмом функционирования, преобразующий воспроизведенную информацию в команды управления или сообщения [1].

СОИ тренажерного комплекса имеет распределенную структуру аппаратных средств и распределенную структуру информационного обмена. Информация операторам предоставляется СОИ на устройства отображения информации (УОИ) в удобной форме и в специализированном виде, где отражается ход тренировки, состояние экипажа, тренажеров и функциональных систем. СОИ воспроизводит информационную обстановку, в которой находится экипаж во время полета, и формирует навыки управления бортовыми системами и полезной нагрузкой, аналогичные навыкам, приобретаемым при полете на МКС.

СОИ в структуре и управлении тренажерным комплексом РС МКС

На рис. 1 изображена структура тренажерного комплекса РС МКС и его функциональные системы [2].

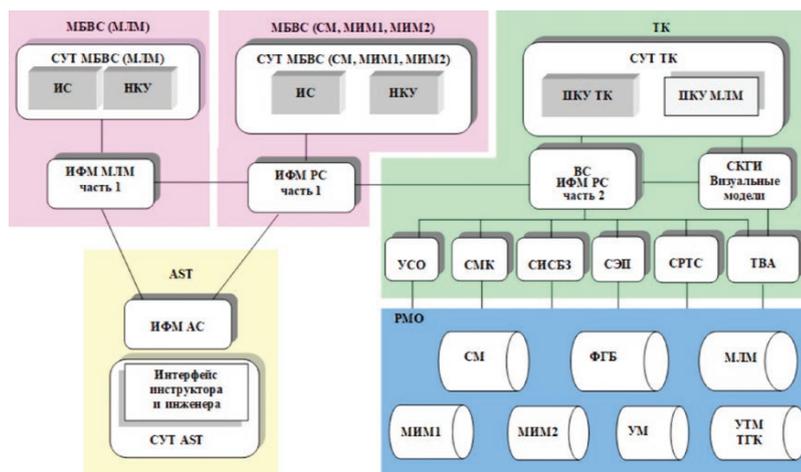


Рис. 1. Структура тренажерного комплекса РС МКС

В структуру тренажерного комплекса РС МКС входят рабочие места операторов-космонавтов (РМО) тренажеров модулей:

- служебного модуля (СМ) «Звезда»;
- функционально-грузового блока (ФГБ) «Заря»;
- малого исследовательского модуля (МИМ1) «Поиск»;
- малого исследовательского модуля (МИМ2) «Рассвет»;
- многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) «Наука»;
- узлового модуля (УМ) «Причал»;
- учебно-тренировочного макета (УТМ) транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс».

Тренажерный комплекс РС МКС – это сложная автоматизированная система управления, построенная по многоуровневому принципу. В тренажерном комплексе управление и контроль тренировочным процессом осуществляется на основе интегрально-факторной организации взаимодействия типологических групп операторов посредством информации, получаемой от СОИ на рабочих местах. В состав типологических групп входят: операторы-космонавты (O_1, \dots, O_i), находящиеся в РМО тренажеров, операторы пульта контроля и управления (ПКУ) тренажерного комплекса (далее ПКУ) и операторы пультов управления (ПУ) функциональных систем (рис. 2) [3].

СОИ, входящая в состав СУТ, является средством коллективного пользования, она обеспечивает гибкую коммутацию терминалов специалистов по подготовке космонавтов с любым тренажером и функциональными системами посредством управляющих форматов. (Формат – это логически связанная совокупность информационных полей, выводимых на УОИ, каждое из которых обеспечивает предъявление определенных сведений в соответствии с выполняемой задачей). Объем задач, решаемых операторами на тренажерном комплексе при проведении тренировок, обуславливает использование большого количества форматов различного назначения.

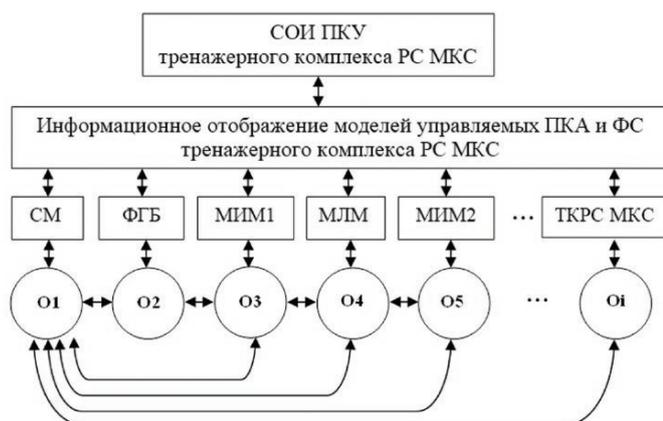


Рис. 2. Интегрально-факторная организация взаимодействия операторов ПКУ и РМО в управлении тренажерным комплексом РС МКС

Тренажерный комплекс РС МКС разработан и наращивается по иерархическому принципу построения. На каждом уровне решаются свои задачи управления, находящиеся в компетенции данного уровня, при этом для ниже-расположенного уровня поступающие команды от верхнего уровня являются приоритетными задачами управления, подлежащими обязательному выполнению на этом уровне [4].

На рис. 3 изображена многоуровневая система отображения информации тренажерного комплекса российского сегмента МКС.

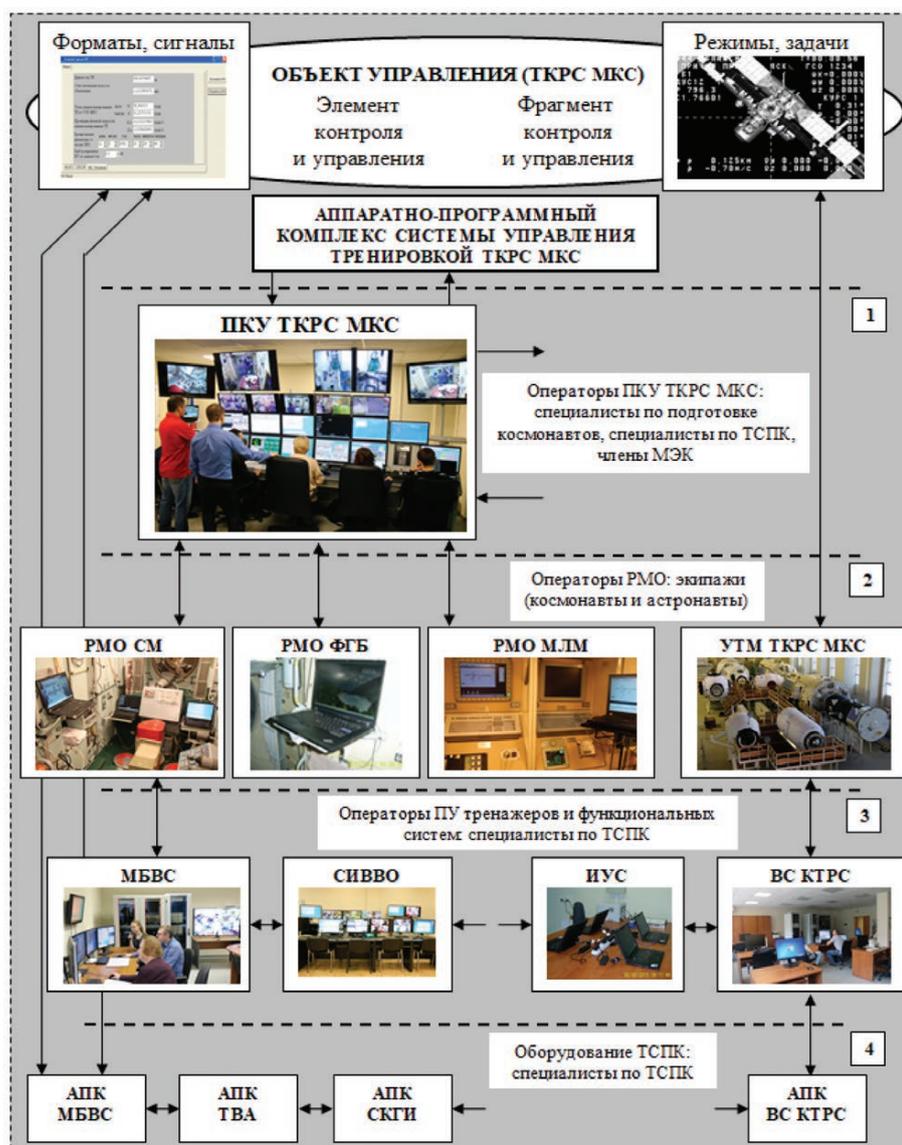


Рис. 3. СОИ в управлении тренажерным комплексом РС МКС

В процессе решения задач управления на тренажерном комплексе РС МКС возникают вопросы, требующие согласования как между операторами разных уровней, так и среди операторов одного уровня (космонавты в разных РМО тренажеров, операторы на ПКУ или операторы на ПУ тренажеров и ФС), которые решаются с помощью СОИ и системы связи.

Анализ структуры управления тренажерного комплекса РС МКС позволил обозначить состав операторов и их место в контуре управления.

В контуре управления тренажерного комплекса РС МКС операторы размещаются на трех уровнях (рис. 3):

1 уровень управления – операторы ПКУ: специалисты по подготовке космонавтов, специалисты по техническим средствам подготовки космонавтов, члены межведомственной экзаменационной комиссии. Решаемые задачи – контроль действий экипажа и состояния информационной модели объекта управления, варьирование ситуацией по степени сложности с целью выявления ошибок экипажа, анализ и оценка действий экипажа.

2 уровень управления – обучающиеся операторы-космонавты. Они располагаются в РМО тренажеров. Решаемые задачи – обучение и привитие навыков работы на РС МКС.

3 уровень управления – операторы ПУ тренажеров и функциональных систем: специалисты по техническим средствам подготовки космонавтов. Решаемые задачи – подготовка составных частей тренажерного комплекса к работе, его сборка, обеспечение и контроль работоспособности, устранение неполадок, управление аппаратурой на тренировке.

Система отображения информации тренажерного комплекса РС МКС

В соответствии со структурой тренажерного комплекса СОИ также имеет многоуровневую распределенную структуру (рис. 4).

В состав СОИ тренажерного комплекса входят подсистемы СОИ тренажеров и функциональных систем:

- СОИ модели бортовой вычислительной системы (МБВС1, 2);

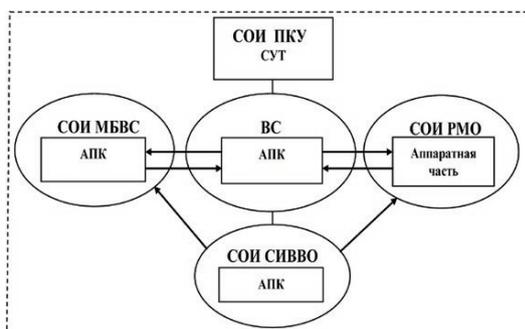


Рис. 4. Упрощенная схема СОИ тренажерного комплекса РС МКС

- СОИ системы имитации внешней визуальной обстановки (СИБВО), включающая в себя телевизионную аппаратуру (ТВА) «Гранит» и систему компьютерной генерации изображения (СКГИ) «Альтаир», работающие в тесной связке и расположенные в одном рабочем пространстве;
- СОИ вычислительной системы тренажерного комплекса (ВС);
- СОИ РМО: СМ, ФГБ, МИМ1, МИМ2, МЛМ, УМ, УТМ ТК «Прогресс»;
- СОИ пультов контроля и управления ПКУ СМ и ПКУ МЛМ.

Система отображения информации на РМО

РМО (СМ, ФГБ, МИМ1, МИМ2 и МЛМ) оснащены совокупностью технических и программных средств (интегральный пульт управления ИнПУ, многофункциональный пульт-индикатор МПИ, Laptops и др.), а также простейшим набором УОИ (светосигнальные кнопки-индикаторы, световые табло и светодиодные индикаторы и др.), обеспечивающих предоставление необходимой информации операторам. Математическую модель работы приборного оборудования соответствующих систем в РМО формирует терминальный вычислительный комплекс СУТ.

В РМО СМ «Звезда» основными УОИ являются:

- видеоконтрольное устройство (ВКУ) «Символ-Ц» центрального поста (ЦП);
- ВКУ2 – МАК-001 ЦП;
- интегральный пульт управления ИнПУ1 ЦП;
- интегральный пульт управления ИнПУ2 ЦП;
- управляющие Laptops HP ZBook 15 G2: Laptop RSS1, Laptop PCS1, Laptop SSC1 ЦП;
- бортовые Laptops HP ZBook 15 G2: Laptop RSS2, Laptop RSK1, Laptop RSK2, Laptop RSE1, Laptop RSE-Med, Laptop FS1, Laptop SSC3;
- пульт сигнализации систем (ПСС) ЦП;
- планшеты iPad и Samsung;
- сигнальные кнопки, световые табло и светодиодные индикаторы.

На РС МКС произведена замена Laptops Lenovo T61 на Laptops HP ZBook 15 G2. В тренажерном комплексе Laptops и оборудование для их работы приводятся в соответствии со штатным бортом, поэтому отдельные тренировки допускается проводить с использованием «старых» Laptops Lenovo T61. На тренажере СМ ВКУ2 (монитор цветной МЦ-27) заменен в соответствии со штатным бортом на прибор МАК-001.

На тренажерах СМ и ФГБ, укомплектованных ПСС, планируется их замена на модернизированный многофункциональный пульт-индикатор (МПИ) после проведения соответствующих работ на штатном борту.

В РМО ФГБ «Заря» основными УОИ являются:

- бортовой Laptop SSC2;
- пульт сигнализации систем ПСС;

- сигнальные кнопки, световые табло и светодиодные индикаторы.

В РМО МИМ1 «Поиск» основными УОИ являются:

- многофункциональный пульт-индикатор МПИ;
- Laptop RSE1 (переносится из СМ для космического эксперимента);
- сигнальные кнопки, световые табло и светодиодные индикаторы.

В РМО МИМ2 «Рассвет» основными УОИ являются:

- многофункциональный пульт-индикатор МПИ;
- Laptop RSE2;
- сигнальные кнопки, световые табло и светодиодные индикаторы.

В РМО МЛМ «Наука» основными УОИ являются:

- пульт управления бортового комплекса управления ПУ БКУ1;
- пульт управления бортового комплекса управления ПУ БКУ2;
- многофункциональный пульт-индикатор МПИ1 регионального поста.

Все приборы МПИ модернизированные;

- многофункциональный пульт-индикатор МПИ2 в гермоадапторе;
- многофункциональный пульт-индикатор МПИ3 в каюте экипажа;
- Laptop1, Laptop2, Laptop3, Laptop4 – Laptops HP ZBook 15 G2;
- сигнальные кнопки, световые табло и светодиодные индикаторы.

РМО УМ «Причал» и РМО УТМ ТГК «Прогресс» укомплектованы простейшими УОИ.

При создании аппаратной части РМО приборное оборудование имеет варианты изготовления:

- штатное исполнение;
- тренажерное исполнение;
- габаритно-массовый макет;
- габаритное исполнение.

СОИ пульта контроля и управления ТКРС МКС

ПКУ со встроенными в его конструктив УОИ является центральным элементом СУТ тренажерного комплекса. Первый вариант ПКУ был разработан в 1998 году параллельно с основными унифицированными системами для тренажеров СМ и ФГБ (далее по тексту ПКУ). При проектировании ПКУ и разработке форматов СОИ использовались эргономические и инженерно-психологические принципы, непосредственно направленные на снижение сложности решения интеллектуальных оперативных задач контроля и управления тренировочным процессом и оценки операторской деятельности. Руководствуясь этим, в последующем неоднократно проходили доработки программной части СОИ ПКУ, которые связаны с интеграцией в состав тренажерного комплекса РС МКС тренажеров модулей СМ, ФГБ, МИМ1, МИМ2, УМ, МЛМ, УТМ ТГК «Прогресс», а также с модернизацией и расширением состава аппаратной части ПКУ. Последние доработки



Рис. 5. ПКУ тренажерного комплекса РС МКС

были проведены в 2018 году, когда в ПКУ была внедрена система обработки и отображения визуальной информации (СООВИ). Современный облик ПКУ показан рис. 5.

В ПКУ входят следующие УОИ (сверху вниз):

- два монитора LG (1) с диагональю 55" СООВИ «Мозаика» для визуального наблюдения за действиями экипажа в РМО и другой видеоинформации, требующей выведения изображения большого размера. СООВИ предназначена для эффективного визуального контроля на ПКУ за деятельностью экипажей при проведении всех видов тренировок (на систему получен патент на изобретение № 2734151 «Система обработки и отображения визуальной информации для пультов контроля и управления космических тренажеров»);

- два монитора SONY (2) с диагональю 55" – для выведения видеоинформации с камер наблюдений РМО, дисплейного формата Ф44 от «Символ-Ц» и изображений пилотируемых космических аппаратов от СКГИ при отработке космонавтами режима стыковки ТГК «Прогресс» с МКС. ПКУ дооснастили этими мониторами с целью повышения качества представляемой операторам видеоинформации и снижения нагрузки на СИВВО;

- пять мониторов MYSTERY (3) с диагональю 24" – для выведения видеоинформации с камер наблюдений тренажеров модулей тренажерного комплекса РС МКС;

- шесть мониторов ASUS (4) с диагональю 24" – для отображения бортовых приборов: панкратический визир пилота ПВП, визир пилота ВП-21, визир широкоугольный с точной вертикалью ВШТВ, телекамера модуля СМ КЛ-154, ил. № 9, бортовые Laptops (СМ, ФГБ, МЛМ, МИМ1, МИМ2), сюжеты СКГИ, формат Ф44 (режим стыковки ТГК «Прогресс» с МКС);

- семь мониторов ASUS (5) с диагональю 24" – для отображения системных и управляющих форматов от ВС;

- два Laptops Lenovo T61 (6) или HP ZBook 15 G2.

В состав ПКУ также входят органы ручного управления (клавиатура, мышь) и светосигнальные кнопки-индикаторы.

СОИ пульта контроля и управления МЛМ

В 2012 году был разработан и интегрирован в состав тренажерного комплекса РС МКС еще один ПКУ (рис. 6). Это связано с разработкой и предстоящей на тот момент интеграцией в состав тренажерного комплекса тренажеров модулей МИМ1, МИМ2 и МЛМ, УМ. Новый пульт получил название ПКУ МЛМ. Расположены оба ПКУ в одном помещении. Кроме того, ПКУ МЛМ спроектирован так, что информационно-управляющая модель в полном объеме может отображаться на обоих ПКУ, и в случае неисправности или доработки одного из пультов обеспечит процесс подготовки космонавтов.

Назначение мониторов (в соответствии с их нумерацией) идентично на обоих ПКУ. Марки мониторов на ПКУ МЛМ, пультах управления СИВВО, МБВС и ВС идентичны ПКУ тренажерного комплекса. Управление режимом «Автоматическое сближения ТГК «Прогресс» с МКС» проводится операторами ПКУ МЛМ с крайнего левого монитора – ряд УОИ (5).

В результате всех доработок более чем в два раза увеличилось количество выводимой информации операторам ПКУ и членам экзаменационных комиссий. Значительно улучшилось качество предоставления отображаемой информационной модели.



Рис. 6. Пульт контроля и управления МЛМ

СОИ модели бортовой вычислительной системы

Основным источником данных для СОИ с целью формирования информации управления и контроля функционирования тренажерного комплекса является АПК МБВС. Первый вариант МБВС был разработан в 1999 году и интегрирован в тренажерный комплекс в 2000 году. За этот период проведено большое количество модернизаций и доработок МБВС, которые заключались в замене аппаратной части более современным оборудованием, интеграции новых версий программного обеспечения по мере дооснащения РС МКС новыми модулями.

В общем случае модель бортовой вычислительной системы состоит из аппаратной, программной и интерфейсной частей. Аппаратная часть находится в РМО модулей тренажерного комплекса и включает в себя в штатном или тренажерном исполнении приборы и ручные органы управления контроля и индикации, входящие в состав моделируемой бортовой системы. Программная часть реализует на вычислительной системе ВС математическую модель функционирования бортовых систем в штатных и расчетных нештатных ситуациях. Программная и аппаратная части связаны между собой через устройство сопряжения с объектом.

Современный облик СОИ МБВС представлен на рисунке 7.

Имитатор бортовой ЭВМ СМ левая стойка (1) (рис. 7) под управлением операционной системы (ОС) Линукс (версия OpenSUSE 12.2_x64) выполняет функцию эмуляции бортовых компьютеров ЦВМ и ТВМ (центральная вычислительная машина и терминальная вычислительная машина) РС МКС и обеспечивает исполнение штатного бортового программного обеспечения СМ, а также моделей бортовых систем и окружения. Моделирование осуществляется в реальном масштабе времени. К моделирующему компьютеру через коммутатор Switch 10 D-Link DGS-1210-10P подключен бортовой Laptop RSS1 Lenovo T61 (РМО СМ ЦП) и его монитор повторитель (11) на ПУ МБВС, а также настольный Laptop (4) Lenovo T61 для автономных занятий на МБВС и его монитор повторитель (9).

Инженерная станция (ИС1) МБВС СМ левая стойка (1) работает под управлением ОС MS Windows 7 Pro SP1. Предназначена для управления процессом проведения тренировок, обеспечения управления конфигурацией

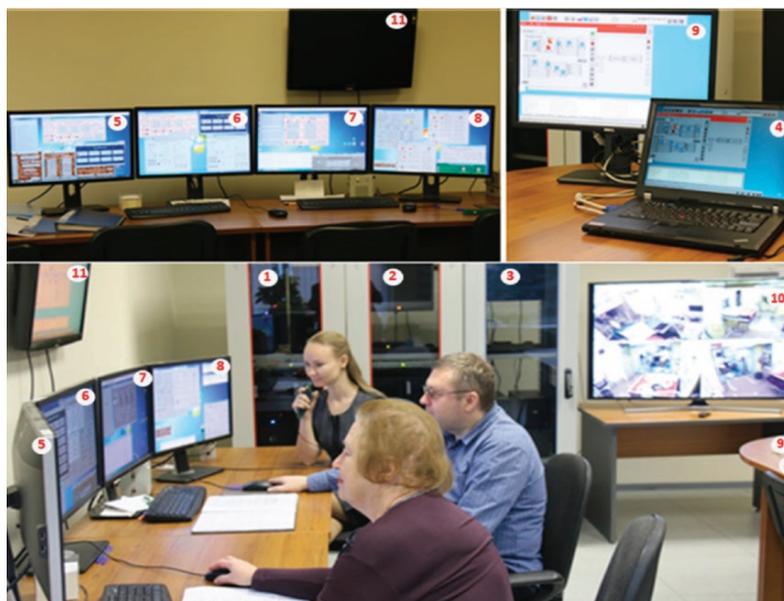


Рис. 7. Пульт управления МБВС

тренажера, поддерживает обмен по интерфейсу Ethernet с имитатором бортовой ЭВМ МИМ1, имитатором бортовой ЭВМ МИМ2, вычислительными средствами комплекса тренажеростроения (ВС ТКРС) и тренажером американского сегмента (AST) МКС. Два левых монитора (5) и (6) на ПУ обеспечивают операторов МБВС от ИС1 информацией.

Инженерная станция (ИС2) МБВС СМ станция наземного контура управления (СНКУ) стойка (1) слева представляет собой второе рабочее место инструктора-оператора, обеспечивающее для него возможности по управлению тренажером, аналогичные ИС1, кроме управления конфигурацией тренажера. Два правых монитора (7) и (8) на ПУ обеспечивают операторов МБВС от ИС2 информацией.

Имитатор бортовой ЭВМ МИМ1 правая стойка (3) под управлением ОС Линукс (версия OpenSUSE 12.2_x64) выполняет функцию эмуляции бортового компьютера МИМ1 и обеспечивает исполнение штатного бортового программного обеспечения МИМ1, а также моделей бортовых систем и окружения. Моделирование осуществляется в реальном масштабе времени. Моделирующий компьютер имитатора бортовой ЭВМ МИМ1 обеспечивает моделирование совместной фазы полета МИМ1 в составе МКС при взаимодействии по бортовым интерфейсам с СМ МКС. Мониторы (5, 6) и (7, 8) на ПУ обеспечивают операторов информацией по МИМ1 и МИМ2 от ИС1 или от ИС2 соответственно.

Имитатор бортовой ЭВМ МИМ2 правая стойка (3) под управлением ОС Линукс (версия OpenSUSE 12.2_x64) выполняет функцию эмуляции бортового компьютера МИМ2 и обеспечивает исполнение штатного бортового программного обеспечения МИМ2, а также моделей бортовых систем и окружения. Моделирование осуществляется в реальном масштабе времени. Моделирующий компьютер имитатора бортовой ЭВМ МИМ2 обеспечивает моделирование совместной фазы полета МИМ2 в составе МКС при взаимодействии по бортовым интерфейсам с СМ МКС. Мониторы (5, 6) и (7, 8) на ПУ обеспечивают операторов информацией по МИМ1 и МИМ2 от ИС1 или от ИС2 соответственно.

Аппаратно-программная часть МБВС МЛМ расположена в средней стойке (2).

При подготовке и сборке ТКРС к тренировке операторы ПУ МБВС загружают в паре один из двух целевых комплектов МБВС1, 2 с одним из трех серверов ФМВК 1, 2, 3 ВС через формат «ФМВК».

Рабочие и форматы бортовых систем через коммутаторы Switch 10 D-Link DGS-1210-10P и Zyxel GS1900-24E-EU0101F 24G СОИ выводятся на УОИ операторам ПКУ для управления и контроля работой ТКРС МКС.

На монитор (10) SONY 55" МБВС выводится видеoinформация о работе экипажа от внештатных камер наблюдения РМО модулей тренажерного комплекса.

Как выше отмечено, на ПУ МБВС с экипажами, на бортовых Laptops Lenovo T61 или Laptops HP ZBook 15 G2 проводятся обучение и автономные практические занятия по системам РС МКС с соответствующей сдачей экзаменов. Поэтому этот вид обучения предполагает на ПУ МБВС присутствие всех категорий операторов: обучающиеся космонавты, специалисты по подготовке космонавтов, специалисты по техническим средствам подготовки. ПУ МБВС коммутирует видеосигналы на специально созданные для этих занятий УОИ. На ПУ МБВС (обоих комплектов) для проведения автономных тренировок с экипажами спроектировано рабочее место с УОИ (4, 9), а при проведении экзаменов для экзаменационной комиссии оператор активизирует монитор (10) (рис. 8).

Таким образом, при проведении различных видов занятий с экипажами на МБВС в составе тренажерного комплекса работает один комплект, второй – в горячем резерве или на втором комплекте параллельно можно проводить автономные тренировки.



Рис. 8. УОИ для проведения занятий по системам РС МКС

Аппаратно-программный комплекс ВС

В рабочей зоне ВС КТРС расположены 11 рабочих мест операторов (стол с размещенным на нем монитором). УОИ на ВС КТРС являются мониторы серверов и рабочих станций (РС) на каждом рабочем месте оператора (рис. 9).

В настоящее время АПК ВС КТРС, после проведенных работ по модернизации, представляет собой обновленный, в небольшой комплектации современный вычислительный комплекс. На рис. 10 изображена структурная схема АПК ВС.

Для управления и контроля за работой аппаратуры АПК каждый его сервер функционально-моделирующего вычислительного комплекса (ФМВК 1, 2, 3) и информационно-справочный сервер (ИСС), размещенные в технологических шкафах, имеют на рабочих местах операторов свой монитор и средства управления (клавиатуры, мышь). Мониторы рабочих станций (РС) инженера (РСИнж 1, 2), рабочей станции администратора ВС (РСА ВС) и рабочих станций инструктора (РСИ 1, 2, 3, 4) вынесены на ПКУ СМ.



Рис. 9. РМО вычислительной системы КТРС

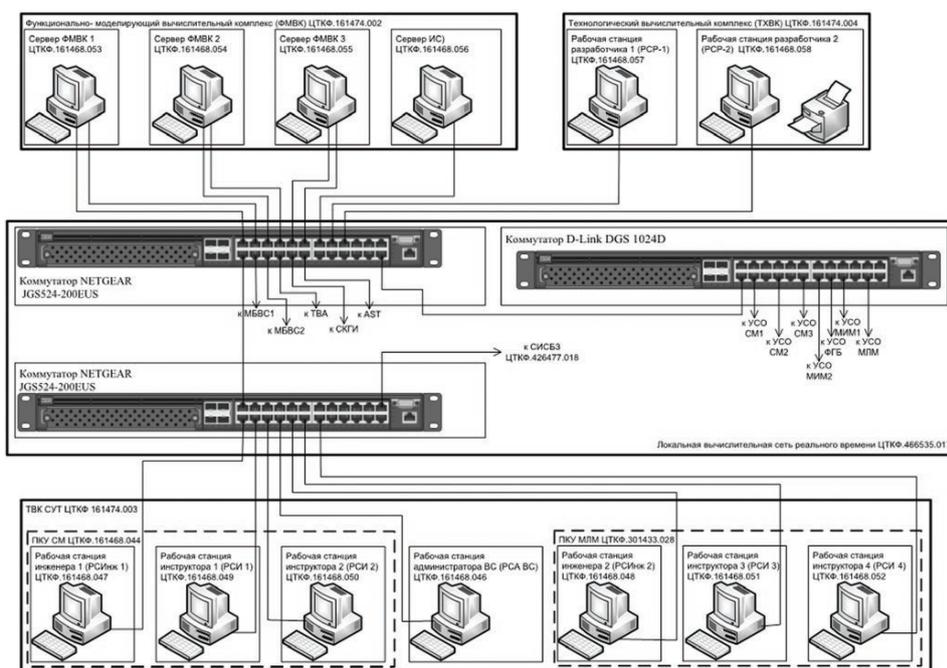


Рис. 10. Структурная схема ВС

При подготовке ТКРС МКС к тренировке на АПК ВС загружается один из трех ФМВК 1, 2, 3 в паре с одним из двух целевых комплектов МБВС1, 2.

Следует отметить, что в структуре ВС нельзя выделить признаки СОИ согласно определения, т.к. операторы не участвуют в управлении тренажерным комплексом (присутствуют загрузка ПО и сборка тренажерного комплекса в требуемой конфигурации перед тренировками). По своему функционалу ВС информационный хаб (англ. Hub) между МБВС, СИВВО и ПКУ. Рабочие места операторов ВС нельзя назвать ПУ, т.к. они больше соответствуют для работы оператора ПЭВМ (ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора).

СОИ системы компьютерной генерации изображений «Альтаир»

АПК СКГИ «Альтаир» в составе тренажерного комплекса решает следующие функциональные задачи:

- формирование цветных, управляемых в реальном масштабе времени по командам от ВС изображений трехмерных динамических сюжетов внешней визуальной обстановки, наблюдаемых в приборах: ВШТВ-Т – визир широкоугольный с точной вертикалью (иллюминатор № 4), ПВП-Т – панкратический визир пилота (иллюминатор № 6), ВП-2 – визир пилота (иллюминаторы №№ 7, 8), иллюминатор № 9 РМО тренажера СМ РС МКС (рис. 11);
- имитация работы бортовой стыковочной телекамеры КЛ-153 телевизионной системы служебного модуля;
- моделирование визуальной обстановки при реализации автоматического режима управления транспортным грузовым кораблем «Прогресс».

Видеоинформация выводится на ПУ СКГИ «Альтаир» и ПКУ. ПУ СКГИ укомплектован следующими УОИ (рис. 12):

- монитор СООВИ «Мозаика» (1) – для визуального наблюдения за действиями экипажа в РМО ТКРС МКС. Оператор ПУ может вносить при необходимости корректировки по коммутации видеосигналов на мониторах (1) СООВИ, расположенных на ПКУ;
- монитор (2) – отображающий интерфейс управляющей УЭВМ СООВИ – для разбиения экрана на необходимое оператору количество требуемых видеоизображений и вывод их на монитор (1);

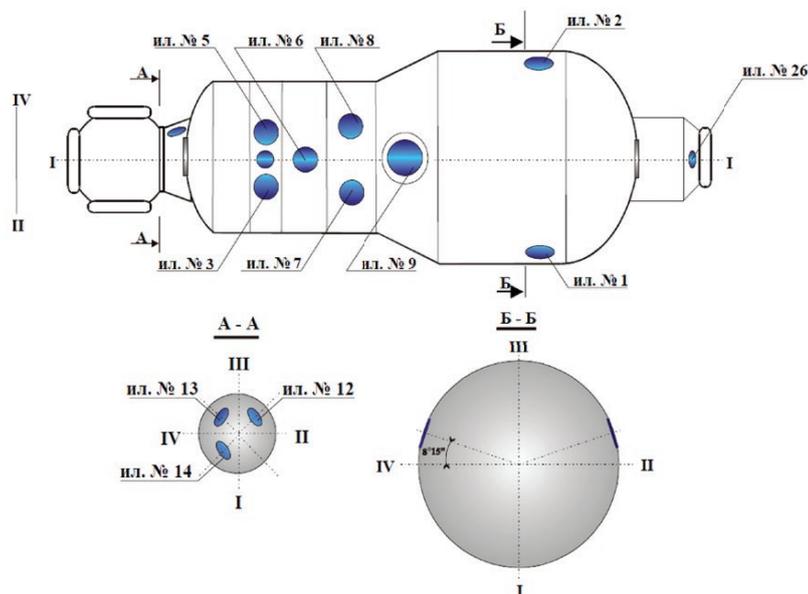


Рис. 11. Схема размещения иллюминаторов на СМ «Звезда» РС МКС



Рис. 12. Пульт управления СКГИ «Альтаир»

- мониторы (3, 4) – для контроля выведенных СКГИ «Альтаир» видеосигналов в РМО КТ СМ: на иллюминаторы, ВКУ2 МАК-001 и «Символ-Ц»;
- монитор (5) – отображающий интерфейс управляющей УЭВМ СКГИ «Альтаир»;
- монитор (6) – для контроля выведенных видеосигналов канала «ПВП», который формирует изображение подстилающей поверхности Земли в иллюминаторы №№ 6, 7, 8, 9, в том числе для научных экспериментов;
- монитор (7) – повторитель Laptop «Сигма».

Оборудование для управления и контроля за работой АПК СКГИ «Альтаир» размещено в технологическом шкафу.

На рис. 13 изображена упрощенная схема СКГИ «Альтаир».

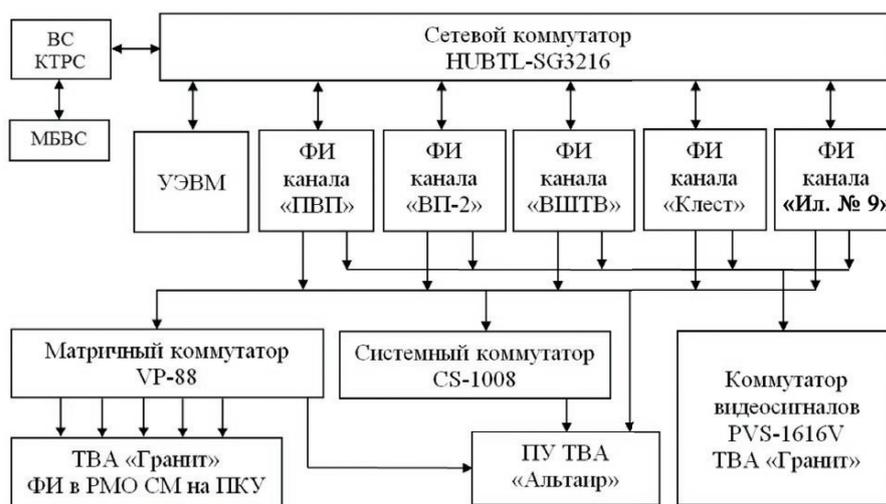


Рис. 13. Структурная схема АПК СКГИ «Альтаир»

Управляющая ЭВМ АПК СКГИ от МБВС передает команды на формирователь изображения (ФИ) канала «Клест» для обеспечения автоматического режима «Сближение ТГК «Прогресс» с МКС». ФИ «Клест» передает сигналы изображения ТГК «Прогресс» или МКС на «Символ-Ц», ВКУ МАК-001 и Laptop SSC СМ информационной управляющей системы имитатора американского сегмента (AST). Также от МБВС УЭВМ передает команды на ФИ канала ил. № 9, который формирует двухстороннюю видеосвязь со стороны МКС или со стороны ТГК «Прогресс».

ФИ канала «ПВП». Формирует изображение подстилающей поверхности Земли в иллюминаторы №№ 6, 7, 8, 9, в том числе для научных экспериментов (слайды или видео в иллюминаторы). Формирует видеосигналы от своего специального программного обеспечения (СПО).

ФИ канала «ВП-2». Используется для научных экспериментов. Формирует видеосигналы от своего СПО.

ФИ канала «ВШТВ». Имитирует прибор – визир широкоугольный с точной вертикалью (центровка станции точно в надир) на центральном посту СМ. Формирует видеосигналы от своего СПО.

Выходные видеосигналы SVGA с ФИ поступают на входы устройства коммутации и усиления видеосигналов ТВА «Гранит».

УЭВМ осуществляет управление формирователями изображений СКГИ, а также отвечает за взаимодействие СКГИ с вычислительной системой.

Сетевой коммутатор (HUBTL-SG3216) объединяет все ФИ и УЭВМ СКГИ, а также ТВК СУТ вычислительной системы в единую локальную вычислительную сеть. HUBTL-SG3216 обеспечивает информационный обмен между СУТ ВС – УЭВМ «Альтаир» и УЭВМ «Альтаир» – ФИ1-5.

Видеосигналы выводятся от ФИ «Клест», «ПВП», «ВП-2» и «ВШТВ» операторам ПУ СКГИ «Альтаир» на мониторы (3, 4, 6) (рис. 12), а через матричный коммутатор VP-88 с помощью АПК ТВА «Гранит» также на ПКУ (рис. 5) и в иллюминаторы РМО СМ.

СОИ телевизионной аппаратуры «Гранит» и «Малахит»

Телевизионная аппаратура «Гранит» и ТВА «Малахит» обеспечивают трансляцию, коммутацию и отображение любой видеoinформации, формируемой устройствами СКГИ, РМО (СМ, ФГБ, МИМ1, МИМ2, МЛМ, ТГК «Прогресс», УМ) и информационной управляющей системы на компьютерные мониторы (бортовые Laptops) ПКУ СМ, ПКУ МЛМ, МБВС и AST. Изначально аппаратура ТВА работала с ТВ-камерами PAL. Для дооснащения тренажеров внештатными ip-камерами произвели модернизацию ТВА «Малахит» для работы с ip-камерами. Оборудование для управления и контроля за работой АПК ТВА «Гранит» и ТВА «Малахит» размещено в четырех технологических шкафах.



Рис. 14. Пульта управления ТВА «Гранит» и «Малахит»

Видеоинформация выводится на УОИ ПУ ТВА «Гранит» и ТВА «Малахит». УОИ ТВА «Гранит» – шесть мониторов слева и УОИ ТВА «Малахит» – пять мониторов справа, объединенные в один конструктив (рис. 14).

ПУ ТВА «Гранит» и ТВА «Малахит» укомплектован УОИ:

- (1) – мониторы повторители Laptop;
- (2) – монитор УЭВМ ТВА «Гранит» и ТВА «Малахит»;
- (3) – мониторы для отображения видеоинформации от внештатных камер наблюдения за экипажем в РМО тренажерного комплекса.

На рис. 15 изображена упрощенная схема ТВА «Гранит».

Источник формирования изображения: аппаратура «Символ-Ц» КТ СМ,

внештатные камеры наблюдения тренажеров модулей СМ, ФГБ, репортажные камеры тренажеров СМ, МИМ1 и МИМ2. Выводятся видеосигналы на УОИ операторов ПКУ и операторов ПУ МБВС.

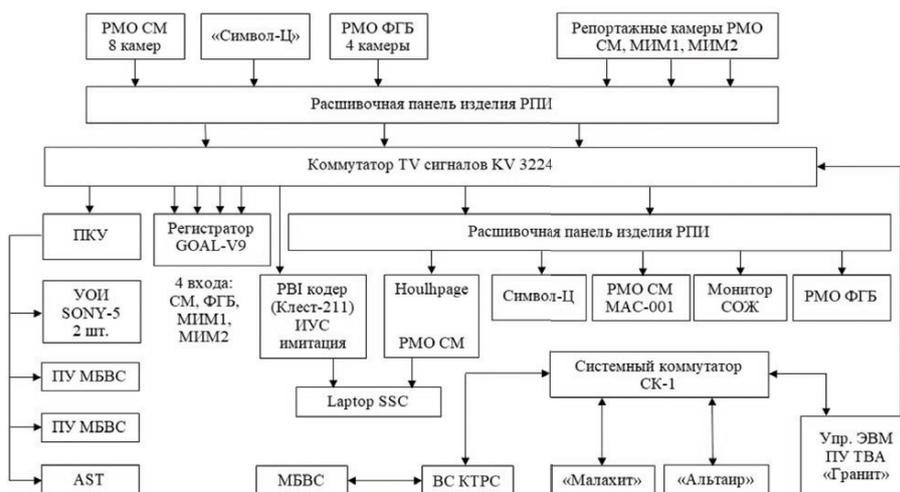


Рис. 15. Структурная схема АПК ТВА «Гранит»

ТВА «Гранит» обеспечивает трансляцию и коммутацию видеoinформации, формируемой СКГИ «Альтаир», ее отображение в средствах наблюдения РМО СМ на аппаратуре «Символ-Ц» и на ВКУ «МАК-001», а также обеспечивает синхронизацию видеосигналов, получаемых от СКГИ «Альтаир», с аппаратурой «Символ-Ц».

На рис. 16 изображена упрощенная схема ТВА «Малахит». Источник формирования изображения: внештатные камеры наблюдения модулей МИМ1, МИМ2, УТМ ТГК «Прогресс», УМ, МЛМ. Видеосигналы выводятся на УОИ операторов ПКУ и операторов ПУ МБВС.

Масштабная модернизация СОИ на тренажерном комплексе проводилась в 2018 году, которая серьезно затронула элементы АПК ТВА и СКГИ, в том числе обеспечивающие работу автоматического режима «Сближение ТГК с МКС». Значительно уменьшился количественный состав АПК: ТВА, СКГИ, ВС и МБВС в целом.



Рис. 16. Структурная схема ТВА «Малахит»

Анализ видеoinформации, выводимой на ПКУ

Особенностью решения технической задачи для подготовки космонавтов на тренажерном комплексе является большое количество видеосигналов различных форматов, которые необходимо выводить операторам ПКУ. Это четыре группы источников сигналов:

- видеосигналы в стандарте PAL, формируемые с помощью внештатных телевизионных камер наблюдения внутри РМО тренажеров;
- видеосигналы в цифровом формате, формируемые с помощью внештатных ip-камер наблюдения внутри РМО;
- компонентные сигналы формата RGBHV, поступающие с выходом видеокарт бортовых Laptops внутри РМО тренажеров;
- компонентные сигналы формата RGBHV, формируемые системой компьютерной генерации изображений сюжетов внешней визуальной обстановки.

На настоящий момент в РМО размещены камеры стандарта PAL и ip в количестве 37 штук.

Выводимая СОИ видеoinформация, используемая операторами ПКУ и членами экзаменационных комиссий, составляет в зависимости от проводимой тренировки до 30 % от общего объема, который необходим для анализа и оценки подготовки экипажа. Например, выполняемая космонавтами согласно циклограмме тренировки работа: «Проверка работы ПА СТТС ФГБ» требует вывода операторам ПКУ более 30 единиц различной информации, половина которых формируется с помощью ТВА.

На рисунке 17 изображен график увеличения выводимой видеoinформации операторам ПКУ от камер ТВА.

Анализ циклограмм проведенных тренировок показывает, что для операторов ПКУ постоянно формируется более 80 единиц информации различных форматов (видео, графики, схемы, модели и т.д.), необходимых для управления тренажерным комплексом, отображения моделируемых ситуаций, действий экипажа в процессе проведения тренировки и др. Только от внештатных телекамер РМО тренажеров ТВА передает 37 видеоизображений, а система компьютерной генерации изображения транслирует 4 компьютерных видеосюжета. Эргономично распределить между операторами ПКУ такое большое количество видеoinформации позволило введение дополнительных мониторов SONY с диагональю 55" и системы обработки и отображения визуальной информации (СООВИ) «Мозаика».

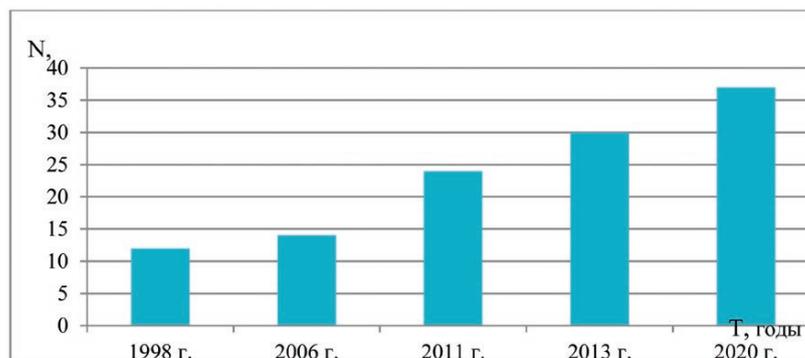


Рис. 17. Рост выводимой видеoinформации операторам ПКУ

Выводы

По мере развертывания РС МКС, увеличения его полезной нагрузки, дооснащения научной аппаратурой на всех КТ параллельно ведутся работы по приведению их в соответствие со штатным бортом.

В связи с изменениями состава МКС, логики работы бортовых систем, появлением новых задач, корректировки требований на подготовку экипажей к космическому полету, а также выявленных в процессе эксплуатации

неисправностей, возникает необходимость регулярной доработки и обновления аппаратно-программного комплекса СОО тренажеров, функциональных систем и в целом самого тренажерного комплекса РС МКС. Формирование, обработку, коммутацию, передачу и выведение информации на устройства отображения информации осуществляют множество компонентов технических средств из состава тренажерного комплекса РС МКС, которые образуют его СОО. Отсюда важная особенность СОО: система постоянно меняется структурно и качественно. Аппаратно-программные комплексы тренажеров и функциональных систем, образующие облик СОО тренажерного комплекса, после проведения работ по их модернизации и обновлению приводят к изменению элементной структуры СОО, ее качества и технического содержания.

Таким образом, в процессе эксплуатации СОО проводится замена оборудования (ремонт), регулярное дооснащение более современными техническими средствами (техническое сопровождение изделий), что является безусловным развитием системы и конструктивно меняет первоначально спроектированную ее структуру и состав ее оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шевченко Л.Е., Батраков В.В. Пути совершенствования структуры СОО ПКУ тренажерного комплекса РС МКС // Труды IX Международной конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014». – Санкт-Петербург, 2014 г.
- [2] Комплекс технических средств подготовки космонавтов по программе российского сегмента Международной космической станции. Монография / Шевченко Л.Е., Полунина Е.В., Саев В.Н. – Звездный городок, 2017.
- [3] Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта. Эволюция, психология, информатика. – М.: Машиностроение, 1990. – 175 с.
- [4] Четвериков В.Н. Системное проектирование взаимодействия человека с техническими средствами. – М.: Высшая школа, 1991.

REFERENCES

- [1] Shevchenko L.E., Batrakov V.V. Ways to Improve an Information Display System at Control and Monitor Panel of the ISS RS Training Complex // Proceedings of the IX International Conference “Labor Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics 2014”. – St. Petersburg, 2014.
- [2] Complex of Technical Means for Training Cosmonauts Under the Program of the Russian Segment of the International Space Station. Monograph / Shevchenko L.E., Polunina E.V., Saev V.N. – Star City, 2017.
- [3] Venda V.F. Hybrid Intelligence Systems. Evolution, Psychology, Computer Science. – Moscow: Mashinostroyenie Publ., 1990. – p. 175.
- [4] Chetverikov V.N. System Engineering of “Human-Technical Means” Interaction. – Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1991.