

УДК 629.78.072

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ  
ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ТРЕНАЖЕРОВ  
МОДУЛЕЙ ОРБИТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РОС**В.В. Батраков, А.И. Крылов, В.И. Брагин, Д.В. Курбатов,  
Б.Н. Нефедов

В.В. Батраков; канд. техн. наук А.И. Крылов; В.И. Брагин; Д.В. Курбатов  
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)  
Б.Н. Нефедов (ООО «ЦТиПП»)

В статье приведены научные подходы при проектировании систем отображения информации (СОИ) в автоматизированных системах управления (АСУ) различного назначения. Даны предложения по созданию СОИ на космических тренажерах (КТ) для перспективной российской орбитальной станции (РОС). Представлена структура интерфейса взаимодействия операторов КТ и его информационных средств, опираясь на опыт развития СОИ тренажерного комплекса российского сегмента (ТКРС) МКС.

**Ключевые слова:** космический тренажер, система отображения информации, автоматизированная система управления, функциональная система, аппаратно-программный комплекс

**Principals of Building the Information Display Systems for the  
ROS's Modules Simulators. V.V. Batrakov, A.I. Krylov, V.I. Bragin,  
D.V. Kurbatov, B.N. Nefedov**

The article presents scientific approaches to the design of information display systems (IDS) in automated control systems for various purposes. Proposals are given for the creation of IDS on space simulators for the promising Russian orbital station (ROS). The structure of interaction interface between space simulator operators and information tools is presented based on the experience in the development of the ISS Russian segment training complex IDS.

**Keywords:** space simulator, information display system, automated control system, functional system, hardware and software complex

После завершения проекта Международной космической станции (МКС) основной приоритет в пилотируемой космонавтике перейдет к российской орбитальной станции – РОС.

Предполагается, что РОС будет многомодульной станцией с возможностью дальнейшего расширения и смены модулей. Основой в построении будущей станции станет НЭМ – научно-энергетический модуль. Модули для РОС будут разрабатываться двух классов: большой и малой размерности. Модули большой размерности – на базе НЭМ. Модули малой размерности – на базе узлового модуля (УМ) российского сегмента МКС. Предполагается, что на первом этапе РОС будет иметь в своем составе:

- научно-энергетический модуль (НЭМ);
- базовый модуль (БМ) (на основе НЭМ);
- универсальный узловой модуль (УУМ) (копия «Причала»);
- шлюзовой модуль (ШМ) (для выходов в открытый космос).

На рис. 1 представлена конфигурация РОС на первом этапе при автономном развертывании (вариант № 3 как наиболее соответствующий перспективным целям и задачам). В центре узловой модуль, к нему пристыкованы: слева НЭМ, справа базовый модуль и сверху шлюзовой модуль, который разрабатывался в РКК «Энергия» для Lunar Gateway [1].

Далее по мере развития РОС будет дооснащена модулями большой и малой размерности различного назначения – целевые модули (ЦМ1, 2, 3) (рис. 2).



Рис. 1. Модель РОС первого этапа развертывания

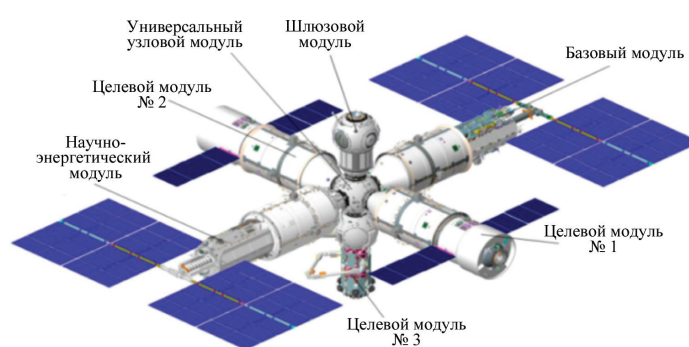


Рис. 2. Модель РОС второго этапа развертывания

## Технология и принципы разработки КТ и функциональных систем тренажерного комплекса РОС

Современный подход к разработке КТ состоит в детальном моделировании бортовых систем и полезной нагрузки орбитального комплекса (ОК), а также внешней визуальной обстановки, наблюдаемой экипажем в иллюминаторах,

оптических и телевизионных средствах наблюдения. КТ должен воспроизводить информационную обстановку, в которой находится экипаж во время полета, и формировать навыки управления бортовыми системами и полезной нагрузкой, аналогичные навыкам, приобретаемым при полете на пилотируемом космическом аппарате (ПКА).

Опираясь на многолетний опыт построения КТ по программам «Мир» и «МКС», разработана технология создания КТ. Хотя каждый КТ, как правило, является уникальным изделием, несущим в себе особенности управляемого объекта, в то же время все они обладают высоким уровнем сходства, общностью структуры и основного перечня решаемых с их помощью задач. Основная концепция технологии заключается в выделении и унификации идентичных для всех КТ элементов, построении унифицированных элементов в виде типовых модулей, разрабатываемых как открытые системы, которые в последующем могут дополняться и расширяться с учетом конкретного применения. В рамках данной технологии предварительно создается инфраструктура КТ из типовых унифицированных модулей и средств сопряжения между ними, которая затем дополняется специфическими (под конкретный ПКА) элементами и системами [2].

К специфическим системам и элементам КТ относятся рабочее место оператора-космонавта (РМО) вместе с устройством сопряжения (УСО), информационная функциональная модель (ИФМ) ПКА (математические модели бортовых систем, внешней и внутренней среды, модель движения и др.), реализованная на вычислительной системе (ВС), и ее интерфейс – форматы (поля рабочих воздействий), выведенные операторам на пульт контроля и управления (ПКУ) тренажера, на рабочее место оператора-космонавта и на пульта управления (ПУ) функциональных систем (ФС) КТ. Остальные подсистемы полностью унифицированы, часть из них – ВС, ПКУ, система имитации внешней визуальной обстановки (СИВВО), система медицинского контроля (СМК) разрабатываются как технические средства коллективного пользования.

Первым КТ из состава РОС будет КТ модуля НЭМ. Полномасштабный макет РМО изготавливается с использованием каркасных конструкций, что позволяет существенно экономить временные и финансовые ресурсы [3]. Работы над созданием КТ модуля НЭМ для РС МКС начаты в 2014 году. На предприятии «Центра тренажеростроения и подготовки персонала» (ЦТиПП) в г. Новочеркасске создан учебно-тренировочный макет (УТМ) комплексного тренажера модуля НЭМ. Конфигурация внутреннего интерьера и состав устанавливаемого оборудования окончательно не утверждены (рис. 3).

Опираясь на опыт создания ТКРС МКС [4], структурная схема тренажерного комплекса (ТК) РОС будет иметь вид, соответствующий рис. 4. Единственное отличие от ТКРС МКС – в структуру ТК РОС войдет система информационной поддержки экзаменационной комиссии (СИПЭЖ).



Рис. 3. Учебно-тренировочный макет НЭМ в сборочном цехе предприятия ЦТиПП

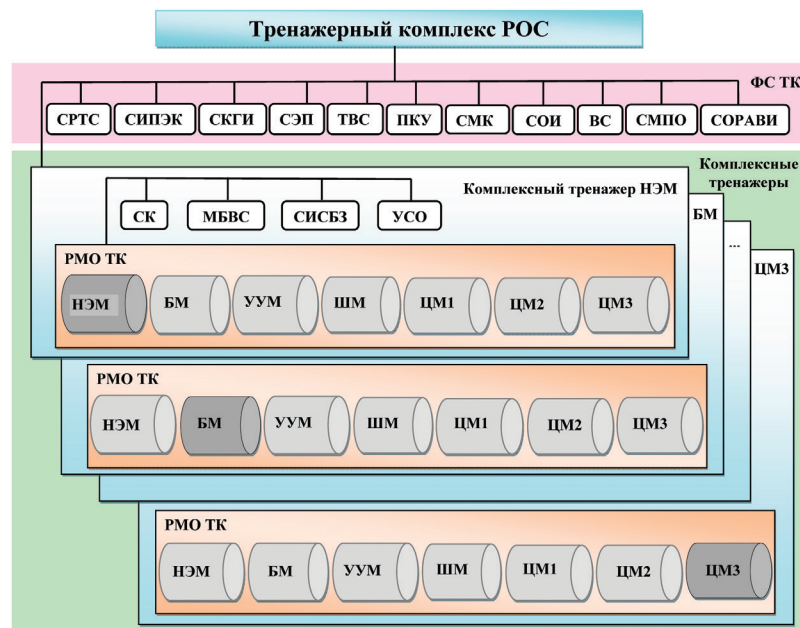


Рис. 4. Структура ТК РОС

После утверждения программы «РОС», в рамках реализации проекта для подготовки космонавтов, специалисты ЦПК совместно со специалистами ЦТиПП готовы приступить к созданию и развертыванию следующих КТ:

- НЭМ;
- БМ;
- ШМ;
- УУМ;
- целевых модулей (ЦМ1, 2, 3).

На рис. 5 изображен вариант плана размещения КТ модулей РОС в тренажерном зале.

Управление работой агрегатов и систем КТ и их контроль осуществляют операторы (обучающиеся космонавты, специалисты по подготовке космонавтов и специалисты по техническим средствам подготовки космонавтов) с использованием СОИ, что обязывает предъявлять к ней особые требования [4].

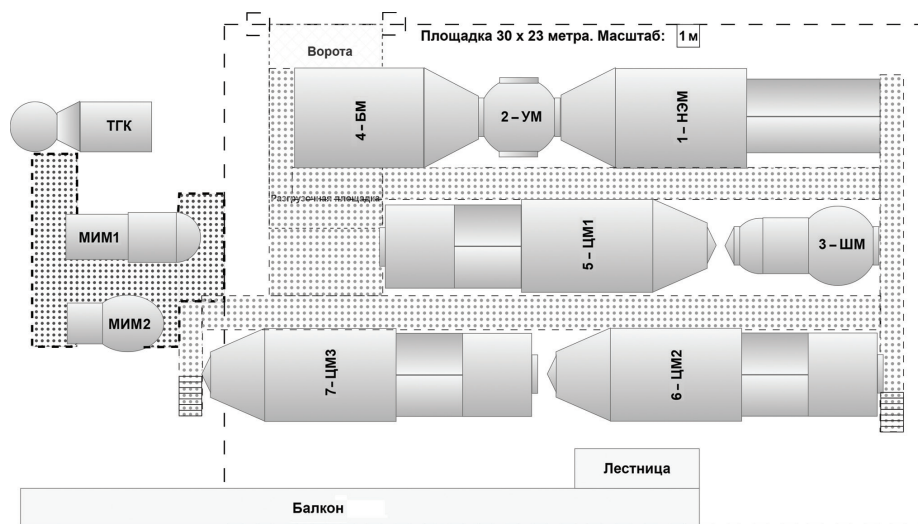


Рис. 5. План размещения КТ РОС

## Обзор основ проектирования СОИ в сложных АСУ

Обучение космонавтов относится к управляемому процессу и на завершающей стадии проходит на современных космических тренажерах различной специализации. Целевое назначение тренажеров заложено в их определении: «Тренажер – это техническое средство профессиональной подготовки человека-оператора, реализующее физическую и (или) функциональную модель системы человек-машина (СЧМ) и ее взаимодействие с предметом труда и внешней средой, обеспечивающее постоянный контроль качества и деятельности обучаемого (обучаемых) и предназначенное для формирования и совершенствования у него (них) профессиональных навыков и умений, необходимых ему (им) для управления СЧМ» [5].

Из определения следует, что тренажер является, как минимум, двух-контурной системой управления (рис. 6). Контур моделирования обеспечивает моделирование и воспроизведение условий и факторов, которые имеют место в процессе работы оператора при управлении реальным объектом. Контур управления обучением и всем процессом подготовки оператора образует система контроля и управления тренировкой [5]. Работа операторов в обоих контурах производится через СОИ.

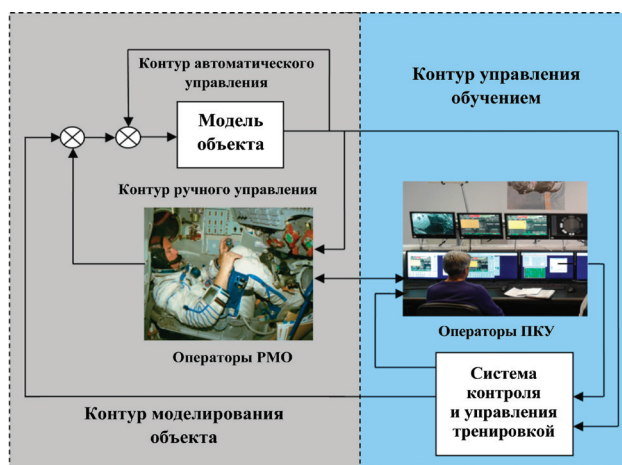


Рис. 6. КТ как двухконтурная система управления

При проектировании СОИ среди основных аспектов стоят:

- точная формулировка целей диалога (оператор – электронно-вычислительная машина (ЭВМ));
- определение потока информации;
- оценка возможностей операторов;
- согласование временных и аппаратных требований к структуре общения (оператор – ЭВМ) и др. [6].

Важную роль играет решение вопросов взаимной адаптации операторов КТ и СОИ при ее проектировании и создании [6], что также отмечено в ряде работ, рассматриваемых ниже.

Совершенствование СОИ, расширение их функциональных возможностей связано с быстрым развитием средств вычислительной техники, появлением новых физических принципов преобразования данных в визуальную форму, развитием специального математического обеспечения, разработкой теоретических основ инженерно-психологического проектирования СОИ.

В работах [7, 8] рассмотрена общая методика проектирования СОИ, а также комплексный подход к ее проектированию в АСУ реального времени, определены эргономические и тактические требования к устройствам отображения информации, приведена классификация принципов и устройств отображения информации.

В работе [9] описываются инженерно-психологические методы оценки и рационализации пунктов управления с целью повышения эффективности и снижения напряженности работы оператора в различных отраслях народного хозяйства. Особое внимание уделяется анализу процессов переработки информации человеком, взаимодействия оператора и ЭВМ, приводятся конкретные рекомендации по выбору характеристик средств оперативного контроля и управления.

В аспекте рассматриваемой темы особый интерес представляют методологические основы инженерной психологии и проблемы многоуровневой взаимной адаптации человека и машины в современных системах управления оперативного контроля и управления [10]. В работе детально представлены экспериментальные методы анализа труда операторов и методы инженерно-психологического проектирования труда операторов.

Одним из наиболее острых является вопрос о распределении функций, о рациональном сопряжении ЭВМ и творческой деятельности оператора. Так как сама сущность взаимодействия состоит в совместном объединении усилий человека и технической системы, то и распределение функций между оператором и технической системой требует выделения в алгоритмической структуре задачи блоков, агрегатов и систем, допускающих чисто машинную реализацию, и блоков, агрегатов и систем, требующих для своей реализации участия оператора. Очень важны сбор и уточнение алгоритмов, позволяющих ЭВМ оказать существенную поддержку оператору в принятии решения, особенно в условиях преодоления информационной неопределенности.

В работах [11, 12] современные АСУ рассматриваются как системы гибридного интеллекта (СГИ). Особенно подчеркивается тот факт, что в СГИ нельзя ориентироваться только на среднестатистического человека, поскольку здесь проявляется особенность взаимной адаптации операторов и технических средств как партнеров по информационному взаимодействию.

В работе [11] также представлена оригинальная математическая модель переработки информации человеком, которая может быть использована как теоретическая и методическая основа для расчета информационно-технических параметров СОИ (таких как информационная емкость, объем одновременно отображаемой информации, темп предъявления информации и др.) и обеспечения надежности деятельности операторов.

Особое внимание уделяется инженерно-психологическим исследованиям и анализу процессов переработки информации человеком, взаимодействию оператора и ЭВМ [6]. В работе приведены особенности построения средств отображения индивидуального и коллективного пользования и варианты их технической реализации.

В принципах многоуровневой адаптации можно выделить пять уровней:

– *уровень тотальной адаптации* – это уровень общего усреднения, основанный на приспособлении машины к человеку;

– *уровень контингентной адаптации* учитывает среднестатистические свойства психологических параметров контингента людей, работающих в СЧМ;

– *уровень групповой адаптации* предназначен для контингента типологических групп, существенно различающихся по профессионально важным психологическим характеристикам, позволяет повысить эффективность работы представителей каждой из типологических групп;

– *уровень индивидуальной адаптации* решает проблему индивидуальной адаптации характеристик информационной системы к отдельному пользователю;

– *уровень индивидуально-оперативной адаптации* связан с учетом конкретного состояния человека при уточнении распределения функций между ним и автоматическими управляющими устройствами, регулировании интенсивности потока сигналов, поступающих к оператору, и т. п. [6, 11].

В СОИ общего назначения в настоящее время чаще всего используются первые два уровня – тотальный и контингентный.

Что касается СОИ специализированного назначения, таких как в КТ, то они разрабатываются на уровне групповой адаптации с учетом заложенных в ней принципов.

Адаптация многоуровневой СОИ космических тренажеров и операторов рассматривается на этапе проектирования [4]. Здесь существенным становится анализ следующих основных аспектов [11]:

- определение категории потребителей;
- точная формулировка целей диалога оператора и ЭВМ;
- определение потока информации;
- оценка возможностей оператора, осуществляющего диалог с системой;
- согласование временных и аппаратурных требований к структуре общения;
- определение структуры диалога;
- определение входного языка;
- определение необходимой базы данных;
- стимулирование диалога;
- защита от ошибок;
- реализация диалога.

Разработка языка диалога в сложных АСУ является одной из важнейших проблем оптимизации взаимодействия. Среди многочисленных видов диалогов наибольший интерес представляют следующие:

- по соотношению рангов участников (иерархический, паритетный, дидактический и инструктивный);
- виду используемых сигналов (визуальный, вербальный, аудиовизуальный);
- пространственно-временным параметрам – дистанционный (телеконференции), непосредственный, отсроченный, скрытый (с разделением участников во времени).

Особую группу составляют псевдиалоги, разного рода эмоциональное восприятие машины как самостоятельного партнера по взаимодействию.

В СОИ ТКРС МКС используются вышеперечисленные виды диалогов.

Как показали исследования СОИ ТКРС МКС, специфика КТ постоянно требует расширения сферы эффективного наращивания программного обеспечения в информационных моделях (ИМ), и это ставит перед создателями



ряд сложных задач. Причем эти задачи не ограничиваются инженерно-психологическим проектированием и оценкой только согласующих средств (индикаторные устройства, устройства ввода информации и т. д.), хотя они, без сомнения, делают возможным, ускоряют, расширяют и усиливают взаимодействие оператора с техническими средствами и ЭВМ. ИМ – совокупность информации об объекте, характеризующая его свойства, состояния, внешние связи. Она является моделью объекта в виде информации, содержащей описание существенных в каждом конкретном случае параметров и переменных, связей между ними, а также входов и выходов для данных, при подаче на которые можно влиять на получаемый результат.

В КТ важной частью является распределение функций между оператором и ЭВМ, оптимизация взаимодействия в системе в целом, постоянный поиск принципиально новых способов организации процессов решения интеллектуальных задач на базе перспективной информационно-вычислительной техники. На рис. 7 изображена информационно-логическая схема интерфейса взаимодействия операторов с техническими средствами подготовки космонавтов на ТК РОС [13, 14].

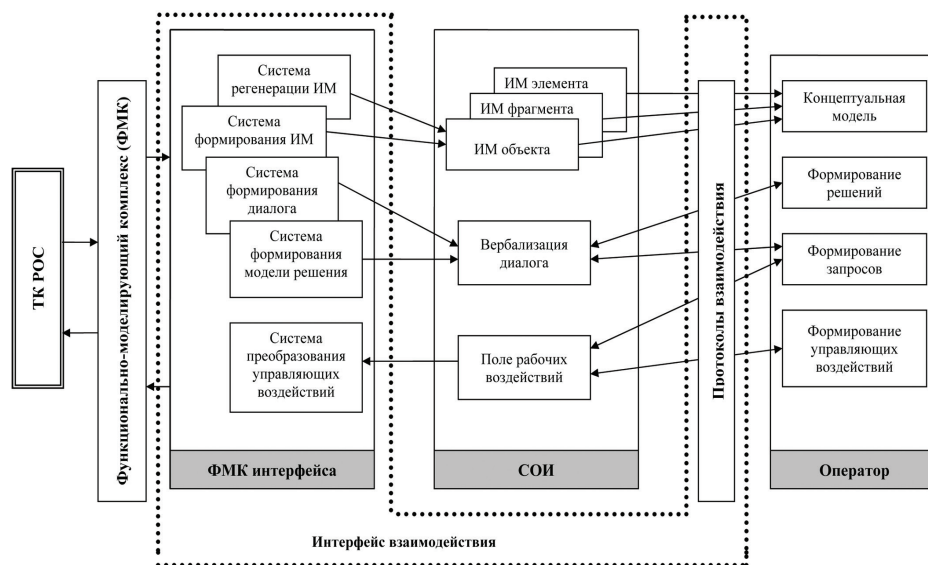


Рис. 7. Информационно-логическая схема интерфейса взаимодействия операторов с техническими средствами подготовки космонавтов на ТК РОС

## СОИ в КТ модулей РОС

Каждый модуль, выведенный на орбиту, имеет свое назначение, конструктивную сложность, особенность и требования к эксплуатации. Как следствие проектируемые и построенные КТ (а также внесенные изменения и дополнения в ФС) отличаются друг от друга. С каждым новым КТ меняется

конструктивно и расширяется функционально аппаратно-программный комплекс (АПК) СОИ – дополняется новыми элементами и доработанным специальным программным обеспечением (СПО).

В соответствии с предполагаемой структурой ТК РОС, развитие его СОИ начинается с КТ НЭМ. На рис. 8 изображена упрощенная схема СОИ КТ НЭМ. СОИ каждой ФС имеет свой АПК.

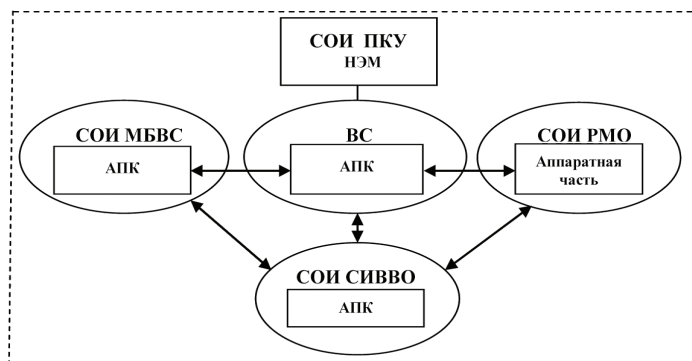


Рис. 8. Схема СОИ КТ НЭМ

В состав СОИ КТ НЭМ входят:

- СОИ модели бортовой вычислительной системы (МБВС);
- СОИ СИВВО;
- СОИ ВС [4];
- СОИ РМО;
- СОИ ПКУ.

Аналогично будет выглядеть СОИ космических тренажеров БМ, ЦМ, а также КТ модулей УУМ и ШМ с некоторой разницей из-за их отличия по габаритам и назначению.

На РОС планируется применение информационно-управляющей системы (ИУС) аналога ИУС РС МКС. Поэтому для подготовки космонавтов рассмотрен вариант изготовления специализированного тренажера ИУС (ТИУС) РОС, имеющий соответственно свою СОИ.

Тренажер ТИУС полностью автономен. По мере наращивания станции новыми модулями ТИУС интегрируется соответственно с новыми тренажерами без существенных затрат. Тренажер ТИУС также может работать автономно от АПК ТК РОС.

### **Предполагаемый состав информации в СОИ для операторов ПКУ ТК РОС**

Следует отметить, что анализ циклограмм проведенных тренировок на ТКРС МКС показывает: на мониторах операторам ПКУ одновременно отображается более 80 единиц информации всевозможного содержания (видеоработы

экипажа, графики, схемы, модели систем различного назначения и т. д.). Эта информация необходима для выполнения следующих задач:

- управление тренажерным комплексом (отображение состояния работоспособности тренажерного комплекса);
- контроль и оценка деятельности операторов-космонавтов;
- контроль функционирования моделей бортовых систем, динамических режимов и др. [15].

Также анализ показал, что с ростом количества выводимой информации процентное соотношение пользовательской информации по назначению в структуре информационной модели СОИ ПКУ существенно не меняется (рис. 9). Это подтверждает правильно выбранную стратегию построения СОИ ПКУ для ТК РОС, используя опыт построения СОИ ТКРС МКС.



Рис. 9. Диаграмма состава информации для операторов ПКУ ТК РОС

## Планирование и последовательность разработки ИМ в СОИ для КТ РОС

В настоящий момент уже имеется представление о модулях: КТ НЭМ (изготавливался в ЦТиПП для МКС), КТ БМ (будет изготавливаться на основе КТ НЭМ), КТ УУМ (будет изготавливаться на основе КТ УМ «Причал» из состава МКС).

ШМ разрабатывался для Lunar Gateway, поэтому КТ этого модуля также будет изготавливаться не с чистого листа.

Таким образом, имея начальные данные по перечисленным модулям первого этапа развертывания РОС, предварительно обозначим ряд необходимых систем для работы и жизнедеятельности на них космонавтов (опираясь на опыт МКС).

Для полноценной работы МБВС каждого тренажера требуется минимальное количество моделей систем, определенное специалистами по подготовке космонавтов. Их количество, по мере развития ТК РОС, постепенно будет расти. Но на первом этапе, для подготовки экипажей, требуется определить перечень систем, которые должны моделироваться на каждом КТ.

Основываясь на опыте построения ТКРС МКС, для обеспечения задач подготовки на космических тренажерах ТК РОС на МБВС должны моделироваться бортовые системы:

- бортовая вычислительная система (БВС);
- аппаратура системы управления бортовым комплексом (СУБК);
- система бортовых измерений (СБИ);
- телевизионная система (ТВС);
- система управления движением и навигацией (СУДН);
- комплекс двигательных установок (КДУ);
- система управления перекачкой топлива (СУПТ);
- система электроснабжения (СЭС);
- система ориентации солнечных батарей (СОСБ);
- система обеспечения теплового режима (СОТР);
- система «Электрон»;
- система обеспечения газового состава (СОГС);
- система пожаробнаружения и пожаротушения (СПОПТ);
- система регенерации воды (СРВ);
- система стыковки и внутреннего перехода (ССВП);
- система шлюзовой камеры (СШК);
- система внутреннего освещения (СВНО) и др.

Представим планируемое количество приборов, размещенных на панелях интерьера модулей НЭМ, БМ, УУМ и ШМ, за  $N$  единиц для каждого КТ. Тогда количество единиц ИМ этих приборов можно записать в формализованном виде соответственно как  $\Omega_{\text{НЭМ}}$ ,  $\Omega_{\text{БМ}}$ ,  $\Omega_{\text{УУМ}}$ ,  $\Omega_{\text{ШМ}}$ . Как вариант, простейшая ИМ приборов-повторителей, выведенных на мониторы операторам ПКУ и ПУ ФС, будет иметь вид как сумма единиц ИМ представленных приборов ТК РОС:

$$\sum \Omega_{\text{РОС}} = \sum \Omega_{\text{НЭМ}} + \sum \Omega_{\text{БМ}} + \sum \Omega_{\text{УУМ}} + \sum \Omega_{\text{ШМ}}.$$

Чтобы приступить к анализу создания ИМ перспективного КТ модуля УУМ, рассмотрим КТ модуля УМ «Причал» из состава ТКРС МКС, который является его копией. На панелях интерьера КТ УМ установлены тридцать шесть приборов:

- два щитка освещения ШО-ЛО и ШО-ЛО;
- четыре светильника ССД305;
- розетка РБС-10/3;
- щиток включения вентиляторов В1, В2, В3;
- три вентилятора В1, В2, В3;
- семь клапанов выравнивания давления КВД;
- шесть клапанов контроля тоннеля ККТ;
- три преобразователя напряжения измерителей потока ИП-1 стыковочных узлов СУ1, СУ2, СУ3;

– девять измерителей потока ИП-1 стыковочных узлов СУ1, СУ2, СУ3.

На космическом тренажере УУМ, как копии КТ УМ, прогнозируем размещение  $N_{уум} = 36$ . Построение ИМ всех приборов необязательно. Перечень приборов, необходимых для выведения их ИМ на мониторы операторам ПКУ и ПУ ФС, определяют специалисты по подготовке космонавтов на этапе разработки КТ. Также они определяют вариант исполнения прибора: штатное исполнение (ШИ), что усложняет и удорожает соответствующую ИМ, тренажерное исполнение (ТИ), габаритно-массовый макет (ГММ), габаритный макет (муляж) (М) [16]. Форматы управления (информационные, отладочные и др.) определяются предприятием-разработчиком изделия. По мере изменения задач подготовки количество приборов и ИМ может быть увеличено. Для подготовки космонавтов на КТ модуля УМ построены ИМ приборов:

– В1, В2, В3 (ТИ) – формат представлен условным графическим изображением вентиляторов и отображает работу вентиляторов по движению их лопастей;

– ЩО-ЛО и ШО-ЛО (ТИ) – формат представлен в виде изображения самих щитков освещения (приборы-повторители) и отображает положение тумблеров «вкл. – выкл.»;

– РБС-10/3 – аналогично ЩО-ЛО и ШО-ЛО;

– ККТ (ТИ), ИП-1 (ГММ) и их преобразователи напряжения (М) без ИМ;

– семь КВД (ТИ) – формат отображает стилизованное изображение положения лимба прибора «откр. – электроуправл. – закр.» в цвете красный – желтый – зеленый и его состояние «откр. – закр.» в цвете красный – зеленый. Представлен в виде схемы конфигурации МКС. Особенность данного формата в том, что в нем совмещены несколько ИМ нескольких систем по всем модулям. Формат очень сложный, сильно завязан на МБВС и ВС, называется «Контроль разгерметизации».

Шесть люков КТ УМ на формате «Контроль разгерметизации» ИМ отображает как «откр. – закр.». На схеме конфигурации люк изображен в виде прямой линии (люк закрыт). При открытом положении люка модель отсекает от линии отрезок и опускает его под углом 45 градусов.

Таким образом, из тридцати шести изготовленных приборов различного исполнения КТ модуля УМ (из состава ТКРС МКС) для подготовки экипажей достаточно выводить на мониторы операторам ПКУ, ПУ ФС и лэптопы космонавтам тринадцать ИМ.

Аналогично на ТК РОС для КТ модуля УУМ при  $N_{уум} = 36$  СОИ достаточно спрогнозировать построение  $\Omega_{уум} = 13$ , т. е. 36 %.

В настоящее время для РМО внутреннего интерьера КТ модуля НЭМ изготовлено  $N_{нэм} = 129$  приборов.

Практика показывает, что при  $N_{нэм} = 129$  состояние 36 % приборов КТ модуля НЭМ (предположительно) СОИ должна выводить операторам, т. е. число  $\Omega_{нэм} = 46$ .

Аналогично прогнозируется по КТ модуля ШМ. На Lunar Gateway в интерьере установлено определенное число оборудования  $N_{\text{ШМ}} = X$ , следовательно, прогнозируемое условное  $\Omega_{\text{ШМ}} = Y$ . То же по БМ: его значение  $N_{\text{БМ}} = X1$ , а ИМ, выводимые операторам,  $\Omega_{\text{БМ}} = Y1$ .

В свою очередь, по вариантам изготовления приборов: штатное исполнение (ШИ), тренажерное исполнение (ТИ), габаритно-массовый макет (ГММ), габаритный макет (муляж) (М) можно записать:

$$\sum \Omega_{\text{НЭМ}} = F\left(\sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ШИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ТИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ГММ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{М}}\right);$$

$$\sum \Omega_{\text{БМ}} = F\left(\sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ШИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ТИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ГММ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{М}}\right);$$

$$\sum \Omega_{\text{УУМ}} = F\left(\sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ШИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ТИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ГММ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{М}}\right);$$

$$\sum \Omega_{\text{ШМ}} = F\left(\sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ШИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ТИ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{ГММ}} + \sum_{n=1}^{N_i} Ni_{\text{М}}\right).$$

На следующих этапах построения ТК РОС предлагаемый подход к планированию и последовательности при разработке информационных моделей в СОИ также будет применен и при проектировании СОИ КТ оставшихся трех ЦМ РОС.

## Выводы

Проанализировав существующие теоретические принципы построения СОИ, в сложных АСУ и опираясь на существующий опыт создания СОИ ТКРС МКС и ОК «Мир», можно выделить следующие принципы построения перспективной СОИ ТК РОС:

1. Делая выводы из опыта построения СОИ ТКРС МКС, предлагается изначально заложить в основу проектирования и разработки СОИ ТК РОС построение ее как совокупности:

- унифицированной ФС СОИ в составе ТК;
- специфических (под конкретный ПКА) систем СОИ РМО в составе отдельных КТ модулей ТК РОС.

2. Для эффективного взаимодействия «оператор – ЭВМ» в СОИ ТК РОС предлагается использовать опыт применения существующих диалогов на ТКРС МКС, базирующихся на учете соотношения рангов участников диалога, вида используемых сигналов и пространственно-временных параметров диалога.

3. Программные средства СОИ ТК РОС должны обеспечивать информационный интерфейс между каждой группой операторов (обучающиеся космонавты, специалисты по подготовке космонавтов, специалисты по техническим средствам подготовки космонавтов) и техническими средствами КТ.

4. Интерфейс должен строиться на основе форматов, выводимых на мониторы СОИ, с полями рабочих воздействий, соответствующих задачам управления процессом тренировки.

5. Интерфейс СОИ ТК РОС должен разрабатываться как многооконный с задействованием необходимого числа устройств отображения, что повысит эффективность работы операторов, позволяя одновременно выводить на экран несколько форматов и располагать их в удобном порядке.

6. Информационное взаимодействие операторов ПКУ, ПУ ФС, РМО и СОИ ТК РОС должно происходить на уровне групповой адаптации, обеспечивающей эффективность работы представителям каждой типологической группы операторов (специалисты по подготовке космонавтов, специалисты по техническим средствам подготовки космонавтов, космонавты).

7. В разработках СОИ ПКУ космических тренажеров ТК РОС должны учитываться психологические принципы выбора структуры СОИ, снижающие сложность решения оперативных задач.

8. Аппаратно-программные комплексы тренажеров и функциональных систем, образующие облик СОИ ТК РОС, должны разрабатываться как открытые аппаратно-программные системы на базе унифицированных компонентов и с учетом возможности их последовательной модернизации в соответствии с изменениями на штатных изделиях, а также возможностью применения новой элементной базы в аппаратном комплексе и перспективного программного обеспечения.

9. Предлагаемый последовательный подход при планировании и разработке информационных моделей СОИ для КТ РОС позволит оптимально распределять усилия при создании СОИ ТК РОС, а также контролировать критерий «стоимость – эффективность» заказчику и качественно производить расчет-калькуляцию каждого вида работы исполнителю (закупка требуемых материалов, время на разработку прибора в соответствующем исполнении, заработная плата задействованных специалистов и т. д.).

Полученные выводы обосновывают возможность и целесообразность создания СОИ КТ РОС, придерживаясь современных теоретических принципов построения СОИ в сложных АСУ и опыта разработки и модернизации СОИ ТКРС МКС и ОК «Мир».

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хохлов, А. Прекрасная РОСС будущего. Что мы знаем о станции, куда переедут российские космонавты с МКС / А. Хохлов, И. Ферапонтов // N + 1 Интернет-издание. – 2023. – URL: <https://nplus1.ru/material-print/28825> (02.11.2022).

- [2] Шевченко, Л.Е. Комплекс технических средств подготовки космонавтов по программе российского сегмента Международной космической станции: монография / Л.Е. Шевченко, Е.В. Полунина, В.Н. Саев. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»: Звездный городок, 2017. – 114 с.
- [3] Наумов, Б.А. Космические тренажеры: монография / Б.А. Наумов. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»: Звездный городок, 2013. – 216 с.
- [4] Батраков, В.В. Структура и функции управления системы отображения информации тренажерного комплекса российского сегмента МКС / В.В. Батраков, В.И. Брагин, В.Н. Саев // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 1(42). – С. 50–69.
- [5] Шукшунов, В.Е. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунов, В.В. Циблиев, С.И. Потоцкий. – Москва: Машиностроение, 2005. – 384 с.
- [6] Венда, В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. – 2-е изд. – Москва: Машиностроение, 1982. – 344 с.
- [7] Ревенко, В.Н. Комплексы средств отображения информации / В.Н. Ревенко, В.М. Сегал. – Москва: Радио и связь, 1985. – 216 с.
- [8] Алиев, Т.М. Системы отображения информации / Т.М. Алиев, Д.П. Вигдоров, В.П. Кривошеев. – Москва: Высшая школа, 1988. – 223 с.
- [9] Венда, В.Ф. Организация труда операторов (инженерно-психологические проблемы) / В.Ф. Венда, А.И. Нафтульев, В.Ф. Рубахин. – Москва: Экономика, 1978. – 224 с.
- [10] Венда, В.Ф. Теория и эксперимент в анализе труда операторов / В.Ф. Венда, В.А. Вавилов. – Москва: Наука, 1983. – 332 с.
- [11] Венда, В.Ф. Системы гибридного интеллекта. Эволюция, психология, информатика. – Москва: Машиностроение, 1990. – 448 с.
- [12] Присняков, В.Ф. Математическое моделирование переработки информации оператором человеко-машинных систем / В.Ф. Присняков, Л.М. Приснякова. – Москва: Машиностроение, 1990. – 248 с.
- [13] Батраков, В.В. Анализ взаимодействия операторов с техническими средствами в управлении комплексным тренажером Российского сегмента Международной космической станции / В.В. Батраков, В.Н. Саев // XXXV Международные общественно-научные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина. – Гагарин, 2008.
- [14] Четвериков, В.Н. Системное проектирование взаимодействия человека с техническими средствами / В.Н. Четвериков. – Москва: Высшая школа, 1991. – 142 с.
- [15] Батраков, В.В. Информационная поддержка межведомственной комиссии при проведении тренировок на тренажерах РС МКС / В.В. Батраков, В.Н. Саев, Т.Ю. Маликова // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 3(32). – С. 37–46.
- [16] Модернизация и ремонт приборного оборудования на КТ РС МКС с использованием FDM технологии 3D-печати / В.В. Батраков, А.И. Крылов, В.Н. Саев [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 2(39). – С. 97–110.

## REFERENCES

- [1] Khokhlov, A. The Beautiful ROSS of the Future. What do We Know about the Station Where Russian Cosmonauts are Moving from the ISS / A. Khokhlov, I. Ferapontov // N + 1 Online Edition. – 2023. – URL: <https://nplus1.ru/material-print/28825>. (02.11.2022).



- [2] A Complex of Cosmonaut Training Facilities under the International Space Station Russian Segment Program: Monograph / L.E. Shevchenko, E.V. Polunina, V.N. Saev. – FSBI Research Institute of CPC Named after Yu.A. Gagarin: Star City, 2017. – P. 114.
- [3] Naumov, B.A. Space Simulators. Monograph / B.A. Naumov. FSBI Research Institute of CPC Named after Yu.A. Gagarin; Star City, 2013. – P. 216.
- [4] Batrakov, V.V. Structure and Control Functions of the Information Display System of the ISS RS Simulator Complex / V.V. Batrakov, V.I. Bragin, V.N. Saev // Manned Space Flights. – 2022. – No 1(42). – P. 50–69.
- [5] Shukshunov, V.E. Training Complexes and Simulators. Development Technologies and Operational Experience / V.E. Shukshunov, V.V. Tsibliev, S.I. Potocki. – Moscow: Mashinostroenie, 2005. – P. 384.
- [6] Venda, V.F. Engineering Psychology and Synthesis of Information Display Systems. – 2nd ed. – Moscow: Mashinostroenie, 1982. – P. 344.
- [7] Revenko, V.N. Complexes of Information Display Systems / V.N. Revenko, V.M. Segal. – Moscow: Radio and Communications, 1985. – 216 p.
- [8] Aliyev, T.M. Information Display Systems / T.M. Aliyev, D.P. Vigdorov, V.P. Krivosheev. – Moscow: Vysshaya shkola, 1988. – 223 p.
- [9] Venda, V.F. Organization of Operator Labor (Engineering and Psychological Problems) / V.F. Venda, A.I. Naftulyev, V.F. Rubakhin. – Moscow: Ekonomika, 1978. – 224 p.
- [10] Venda, V.F. Theory and Experiment in the Analysis of Operator Labor / V.F. Venda, V.A. Vavilov. – Moscow: Nauka, 1983. – 332 p.
- [11] Venda, V.F. Systems of Hybrid Intelligence. Evolution, Psychology, Computer Science. – Moscow: Mashinostroenie, 1990. – 448 p.
- [12] Prisnyakov, V.F. Mathematical Modeling of Information Processing by the Operator of Human-Machine Systems / V.F. Prisnyakov, L.M. Prisnyakova. – Moscow: Mashinostroenie, 1990. – 248 p.
- [13] Batrakov, V.V. Analysis of the Interaction of Operators with Technical Means in the Management of the International Space Station Russian Segment Complex Simulator / V.V. Batrakov, V.N. Saev // XXXV International Public and Scientific Readings Dedicated to the Memory of Yuri Gagarin. – Gagarin, 2008.
- [14] Chetverikov, V.N. System Design of Human Interaction with Technical Means / V.N. Chetverikov. – Moscow: Vysshaya shkola, 1991. – P. 142.
- [15] Batrakov, V.V. Informational Support of the Interagency Commission During Trainings on the ISS RS Simulators / V.V. Batrakov, V.N. Saev, T.Yu. Malikova // Manned Space Flights. – 2019. – No 3(32). – P. 37–46.
- [16] Modernization and Repair of Instrumentation on the ISS RS CT with the Use of FDM 3D Printing Technology / V.V. Batrakov, A.I. Krylov, V.N. Saev [et al.] // Manned Space Flights. – 2021. – No 2(39). – P. 97–110.