

**МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА
В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕНИРОВКАМИ
ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА РС МКС**

Л.Е. Шевченко, Е.В. Полунина, В.Н. Саев

Канд. техн. наук Л.Е. Шевченко; докт. техн. наук Е.В. Полунина;
докт. техн. наук В.Н. Саев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Проведен анализ функциональной структуры системы управления тренировками (СУТ) тренажерного комплекса РС МКС с точки зрения инженерно-технического сопровождения тренировок. Показано, что методическое и информационное обеспечение деятельности оперативного персонала является элементом СУТ и требует разработки или переработки с учетом требований задач управления тренажерным комплексом при подготовке и проведении тренировок.

Ключевые слова: система управления тренировками, оперативный персонал, методическое и информационное обеспечение.

**Methodical and Information Support of the Operational Personnel
in the Training Management System of the ISS RS Simulator
Complex. L.E. Shevchenko, E.V. Polunina, V.N. Saev**

The paper analyzes the functional structure of the training management system (TMS) of the ISS RS simulator complex from the viewpoint of engineering and technical support of training. It is shown that the methodical and informational support for the performance of the operational personnel is an element of the TMS and requires an improvement or development taking into account the tasks of controlling the simulator complex when preparing and conducting training.

Keywords: training management system, operational personnel, methodical and information support.

СУТ тренажерного комплекса российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) является иерархической автоматизированной управляющей системой. Она состоит из ряда функциональных подсистем, которые выполнены с учетом заданных условий эксплуатации, технического обслуживания, энергетического питания и пространственного размещения. Подготовка тренажерного комплекса к проведению тренировок, контроль и управление тренировками осуществляются на основе групповой деятельности оперативного персонала, обеспечивающего процессы инженерно-технической подготовки функциональных подсистем тренажерного комплекса. Для успешного решения функциональных задач оперативный персонал должен иметь достаточное информационное и методическое обеспечение для работы с элементами СУТ. Информационное обеспечение – предо-

ставление информации, необходимой для осуществления задач управления тренажерным комплексом, оценки его состояния, предупреждения нежелательных (опасных) ситуаций и др. Методическое обеспечение – комплекс эксплуатационных документов, в первую очередь Руководств операторов, содержащих методики работы деятельности оперативного персонала при подготовке и проведении тренировок на тренажерном комплексе РС МКС.

Общие требования к структуре и содержанию эксплуатационных документов оперативного персонала по управлению автоматизированными системами определяются государственными стандартами [1–3]. Руководства операторов, которыми пользуется в настоящее время оперативный персонал тренажерного комплекса, по форме не в полной мере отвечают этим требованиям, а по содержанию требуют специфического методического и информационного наполнения.

Анализ функциональной структуры СУТ тренажерного комплекса РС МКС

СУТ тренажерного комплекса РС МКС обладает всеми наиболее характерными чертами сложных технических человеко-машинных систем [4]:

- включает большое количество подсистем по числу составляющих элементов и выполняемых функций;
- обладает функциональной целостностью общего назначения и цели;
- имеет сложную многоуровневую иерархическую структуру;
- на каждом уровне управления обслуживается оперативным персоналом;
- имеет высокую степень автоматизации, определяющую известный уровень самостоятельности поведения системы;
- имеет распределенные во времени внешние воздействия.

Функциональная структура СУТ отображает состав управляющих, информационных и вспомогательных функций СУТ и связей между ними, описывающих порядок и последовательность выполнения функций при решении задач управления. В формализованном виде СУТ можно представить следующим образом:

$$S \equiv \{A, QA, R, QR, \Delta T, N, Um, Us, IN, DN\},$$

где $A = \{ai\}$, $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество подсистем СУТ; QA – множество свойств подсистем; $R = \{rj\}$, $j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество функциональных и информационных связей между подсистемами; QR – множество свойств связей подсистем; ΔT – интервал времени, в течение которого будет существовать система; N – оперативный персонал, принимающий решения, осуществляющий функции инженерно-технической подготовки, контроля и управления; Um – методы управления системой; Us – технические средства

управления системой; IN – интерфейс общения пользователей и системы; DN – руководящая документация (методическое и информационное обеспечение деятельности оперативного персонала).

Множество элементов A , QA , R , QR образуют аппаратную часть СУТ. К управляющей части системы относят множество элементов, необходимых для осуществления процесса управления объектом. Это оперативный персонал N , технические средства Us и методы управления Um , включая интерфейс IN и руководящую документацию DN . Управляющая часть системы оперирует с документами, основными из которых являются Руководства по эксплуатации и Руководства операторов.

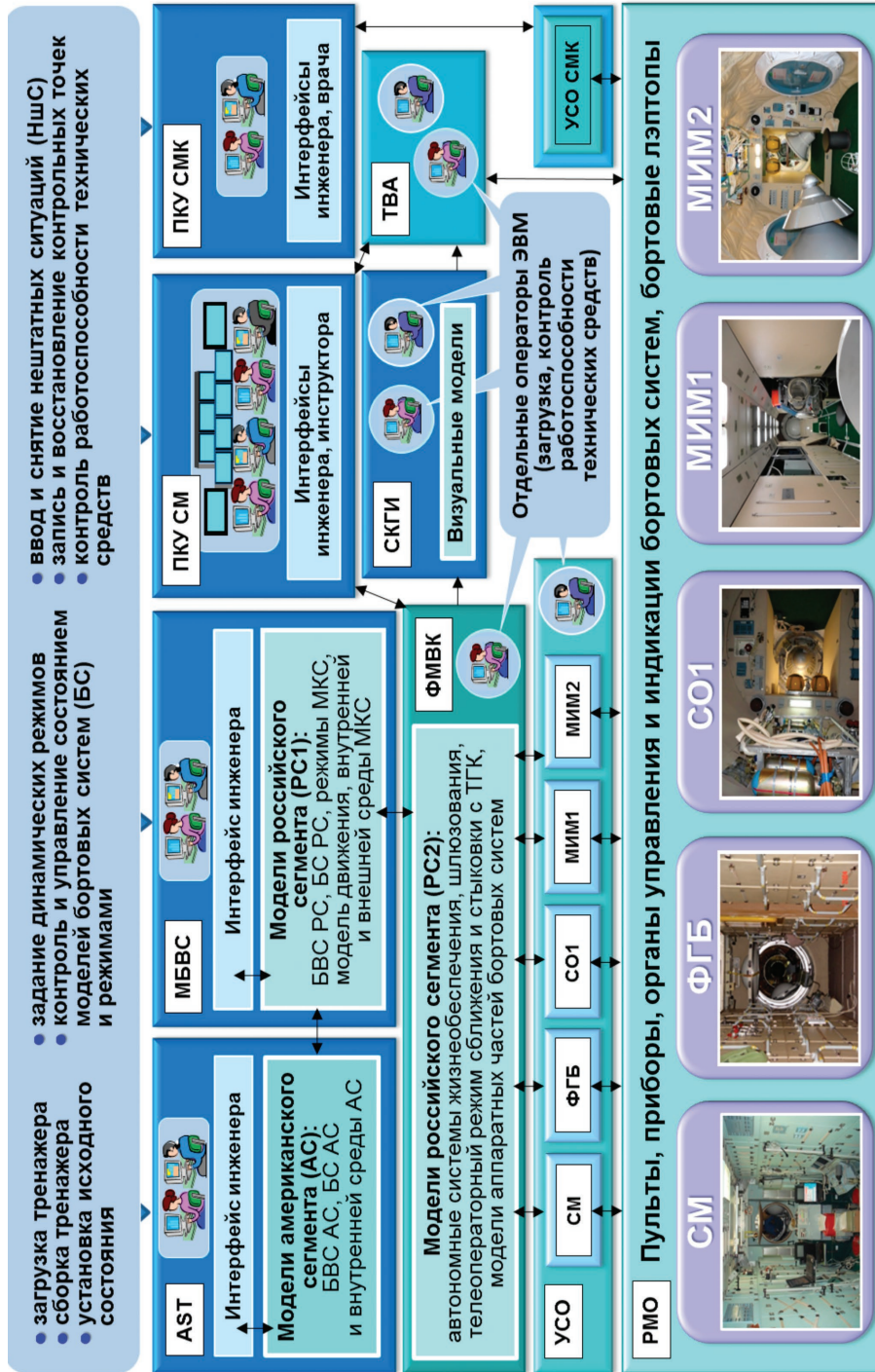
Как любая техническая система, СУТ состоит из ряда подсистем. Каждая из таких подсистем, рассматриваемая как самостоятельная, выполняет вполне определенные функции и конкретные физические операции. В нашем случае декомпозиция СУТ проведена на уровне подсистем, которые выполнены с учетом заданных условий (свойств элементов) QA : эксплуатации, технического обслуживания, энергетического питания и пространственного размещения, и требуют управления со стороны оперативного персонала N .

В структуре тренажерного комплекса РС МКС (см. рисунок) выделены пять подсистем, которые формируют управляющие, информационные и вспомогательные функции СУТ при подготовке и проведении тренировок:

- пульт контроля и управления (ПКУ) тренажерного комплекса;
- модель (тренажер) бортовой вычислительной системы (МБВС);
- имитатор американского сегмента (AST);
- система имитации визуальной обстановки (СИВО);
- система медицинского контроля.

Следующие восемь подсистем тренажерного комплекса обеспечивают функциональные и информационные связи $R = \{r_j\}, j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$ между подсистемами СУТ:

- вычислительная система (ВС);
- телевизионная система (ТВС);
- система радиотехнической связи (СРТС) (на рисунке не показана);
- система имитации связи «Борт–Земля» (СИСБЗ) (на рисунке не показана);
- рабочие места операторов (РМО);
- устройства сопряжения и обмена (УСО);
- информационная управляющая система (ИУС) (на рисунке не показана);
- система поддержки экипажа (SSC) (на рисунке не показана).



Структура тренажерного комплекса РС МКС

Каждая подсистема тренажерного комплекса обслуживается своей оперативной группой N_i (численность каждой оперативной группы составляет 3–6 человек). В целом в состав оперативной бригады СУТ входит порядка 35 специалистов различной квалификации. Руководителем оперативной бригады является инженер ПКУ СМ. Каждая подсистема тренажерного комплекса включается и загружается автономно, имеет свой интерфейс разработки и отладки программного обеспечения, контроля, управления режимами работы и тестирования оборудования. Информационный интерфейс IN между оперативным персоналом и подсистемами тренажерного комплекса СУТ строится на основе форматов, выводимых на мониторы рабочих станций оперативного персонала.

Деятельность оперативного персонала в системе управления тренировками тренажерного комплекса РС МКС

В процессе организации и проведения тренировки выделяют три последовательных этапа, на которых оперативный персонал планирует, направляет и контролирует весь процесс функционирования тренажерного комплекса [5], это:

- техническая подготовка тренажерного комплекса к проведению тренировки;
- проведение тренировки;
- послетренировочный анализ.

Для каждого этапа организации и проведения тренировки используется своя группа форматов. На первом этапе – технологические форматы, их количество составляет приблизительно 38 % от общего числа форматов. На втором этапе – форматы контроля работы бортовых систем и динамических режимов (60 %). На третьем этапе – форматы документирования основных параметров тренировочного процесса (2 %).

Следует отметить, что на этапе *технической подготовки* большинство видов работ (конфигурирование, загрузка программного обеспечения подсистем, установка исходного состояния моделируемых процессов, автономная проверка работоспособности подсистем и др.) являются однотипными для операторов ПКУ, МБВС и СИВО и содержат общий план последовательности действий операторов. Многие выполняемые на этих операциях работы операторов алгоритмизированы (алгоритмизируемой деятельности оператора по выполнению какой-либо функции СУТ можно поставить в соответствие набор процедур, каждая из которых состоит в реализации определенных операций в заданной последовательности [6]).

На этапе *проведения тренировки* принятие решения по управлению процессом в ряде случаев происходит на основе альтернативных вариантов управления, не соответствующих установленным в методических докумен-

тах. Чаще всего это может происходить при выполнении операций контроля и управления состоянием информационной модели РС МКС (задание режимов и параметров моделируемых процессов, ввод начальных условий, задание и снятие по указанию инструктора аварийных и нештатных ситуаций (НШС)), а также при диагностике неисправностей и сбоев.

На третьем этапе происходит анализ результатов тренировки и действий экипажа во время тренировки, в нем принимают участие инструкторы, руководитель оперативной бригады и специалисты по системам тренажерного комплекса.

Согласно теории надежности АСУ [6], правильное использование квалифицированного оперативного персонала позволяет повысить надежность выполнения функций СУТ. В то же время недостаточная надежность самого персонала при выполнении им основных функций управления и контроля снижает общую надежность функционирования СУТ. Под надежностью человека-оператора понимается совокупность его свойств, проявляющихся при участии в функционировании СУТ и влияющих на надежность СУТ. Основными из этих свойств являются:

- безошибочность – способность человека-оператора выполнять все заданные операции в заданном порядке;
- своевременность – способность человека-оператора выполнять заданные операции за заданное время.

Анализ деятельности оперативного персонала при подготовке и проведении тренировок на тренажерном комплексе РС МКС показал, что основные ошибки возникают при выполнении оперативных действий с аппаратурой контроля и управления, меньшая часть ошибок возникает при коммуникации, т.е. при ведении оперативных переговоров, передаче команды, указания, отдаче распоряжения.

Среди причин возникновения ошибок оперативного персонала в аспекте рассматриваемого вопроса выделены следующие:

- невнимательность операторов во время операций контроля и управления;
- случайное нарушение указанного в Руководстве порядка операций;
- наличие в Руководстве оператора несоответствий, например, из-за несвоевременного внесения корректировок после текущих изменений информационной модели;
- недостаток в Руководствах необходимых методик по выполнению операций контроля и управления.

В связи с этим становится очевидным, что одним из объективных и субъективных условий, определяющих надежность деятельности оперативного персонала, помимо психофизиологических и профессиональных показателей, является обеспечение оперативного персонала качественными эксплуатационными документами по обслуживанию и управлению тренажерным комплексом.

Требования к методическому и информационному обеспечению оперативного персонала тренажерного комплекса РС МКС

Основными эксплуатационными документами по обслуживанию и управлению тренажерным комплексом при подготовке и проведении тренировок являются Руководство по эксплуатации и Руководство пользователя [1]. Различия этих документов заключаются в следующем. Руководство по эксплуатации содержит сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частей и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации изделия (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования). Руководство по эксплуатации входит в комплект эксплуатационных документов и предоставляется разработчиком вместе с изделием. Руководство по эксплуатации предназначается для инженерно-технического персонала, осуществляющего технический контроль и поддержание работоспособности тренажерного комплекса в целом, его систем и оборудования.

Руководство оператора – документ, предназначенный для использования при эксплуатации системы, определяющий правила действия оперативного персонала системы при ее функционировании, проверке и обеспечении ее работоспособности. В этом документе должны содержаться сведения, необходимые оперативному персоналу при подготовке и проведении тренировок, включая последовательное описание операций, нестандартных и возможных аварийных ситуаций.

Общие требования к эксплуатационной документации приведены в ГОСТ 24. 104-85 [2], основные из них заключаются в следующем:

- документация должна быть достаточной для ввода системы в действие и ее эффективного функционирования;
- содержать сведения, необходимые для быстрого и качественного освоения и правильной эксплуатации систем;
- содержать указания по деятельности оперативного персонала в аварийных ситуациях или при нарушении нормальных условий функционирования системы;
- не содержать положений, допускающих неоднозначное толкование.

В ГОСТ РД 50-34.698-90 [3] приведены рекомендации к оформлению и структуре Руководства пользователя. Эти рекомендации являются общими для всех видов автоматизированных систем и могут дополняться специфическими разделами и информацией в зависимости от особенностей создаваемой системы.

Проведенный авторами анализ деятельности оперативного персонала в СУТ тренажерного комплекса РС МКС [7] показал, что для успешного решения функциональных задач оперативный персонал должен иметь достаточное информационное и методическое обеспечение, включая:

- методики включения/выключения и подготовки подсистем тренажерного комплекса к проведению тренировок;
- методику сборки различных конфигураций тренажерного комплекса;
- методику установки исходного состояния тренажерного комплекса;
- методику записи и восстановления контрольных точек;
- методику управления моделями бортовых систем и полезной нагрузки;
- методику задания и управления моделями динамических режимов станции;
- методику задания и управления моделями космических экспериментов;
- методику ускорения длительных процессов и циклограмм;
- методы диагностики неисправностей и технических сбоев и восстановление работоспособности тренажерного комплекса;
- перечень различных конфигураций тренажерного комплекса, их описание;
- список существующих контрольных точек и их описание;
- перечень моделируемых бортовых систем и НшС;
- описание форматов;
- справочные материалы.

Перечисленные методическое и информационное обеспечения требуют в ряде случаев разработки или переработки с учетом требований задач управления тренажерным комплексом при подготовке и проведении тренировок. Главным требованием к методическому и информационному обеспечению операторов является полнота содержащихся в нем указаний операторам на всех этапах проведения тренировки и практических занятий. Для того чтобы методики можно было применять на практике в реальном времени, они должны быть предельно лаконичны, не содержать лишней информации, подробных объяснений. Информация должна быть доступна и легко воспринимаема, включать в необходимом объеме рисунки форматов контроля и управления, оборудования и приборов. В каждом разделе методик информация должна быть ограничена рамками планов проводимых практических занятий по бортовым системам и программ тренировок. В методическое и информационное обеспечение необходимо своевременно вносить изменения в соответствии с изменениями в информационной модели.

В соответствии с вышеизложенным, авторами разработаны Руководства операторов ПКУ и МБВС. Структура Руководств соответствует рекомендациям ГОСТа [2, 3]. В содержание Руководств вошло методическое и информационное обеспечение, состав которого был определен на основе анализа задач, решаемых оперативным персоналом на различных этапах проведения тренировки.

В разделах «Включение и подготовка систем к проведению тренировки» содержатся методические рекомендации для оперативного персонала ПКУ и МБВС о порядке: включения/выключения оборудования и подсистем;

загрузки данных и программ; проверки работоспособности оборудования и подсистем тренажерного комплекса; взаимодействия с подсистемами тренажерного комплекса.

Основной объем Руководства операторов ПКУ составляют: описания форматов, методики проведения тренировок по контролю сближения и стыковки транспортных грузовых кораблей с МКС; методика ведения телевизионных сеансов из служебного модуля; методика работы с телевизионной системой; методики ввода и снятия НшС.

В Руководство оператора МБВС вошли методики работы с моделями бортовых систем и методики проведения динамических режимов РС МКС; матрица автоматических действий на РС МКС при авариях первого класса; перечень НшС в работе бортовых систем и методики ввода НшС; справочные материалы, которые необходимы оперативному персоналу при подготовке и проведении тренировок дополнительно к основному содержанию Руководства оператора МБВС.

Выводы

Рассматривая структуру СУТ, необходимо учитывать, что это человеко-машинная система, в которой многочисленные и взаимосвязанные задачи управления поддерживаются эксплуатационными документами (инструкциями по эксплуатации, руководствами операторов, методиками и др.).

Одним из объективных и субъективных условий, определяющих надежность деятельности оперативного персонала, является обеспечение оперативного персонала качественными эксплуатационными документами, в которые должны входить специфическое методическое и информационное обеспечения.

На основе анализа деятельности оперативного персонала в СУТ тренажерного комплекса РС МКС определены состав специфического методического и информационного обеспечений, а также требования к нему. Показано, что существующие методическое и информационное обеспечения требуют в ряде случаев разработки или переработки с учетом требований задач управления тренажерным комплексом при подготовке и проведении тренировок.

С учетом рекомендаций ГОСТа разработаны Руководства операторов ПКУ и МБВС, в которые вошли специфическое методическое и информационное обеспечение деятельности оперативного персонала, доработанные с учетом требований задач управления. Являясь составной частью СУТ, Руководства способствуют системному решению задач управления тренажерным комплексом в целях обеспечения требуемого качества его функционирования, а также деятельности, безопасности и работоспособности оперативного персонала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ 2.601-2013 Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.
- [2] ГОСТ 24. 104-85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования.
- [3] ГОСТ РД 50-34.698-90 Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.
- [4] Пьявченко Т.А., Финаев В.И. Автоматизированные информационно-управляющие системы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. – 271 с.
- [5] Шукшунув В.Е., Циблиев В.В., Потоцкий С.И. и др. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / Под редакцией В.Е. Шукшунуова. – М.: Машиностроение, 2005. – 384 с.
- [6] Глазунов Л.П., Грабовецкий О.В., Щербаков О.В. Основы теории надежности автоматизированных систем управления. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.
- [7] Полунина Е.В., Шевченко Л.Е., Виноградов Ю.А. Методическое обеспечение операторов комплекса тренажеров российского сегмента Международной космической станции // Материалы IX Международной конференции «Психология и эргономика: единство теории и практики», часть II. – Тверь, 2015. – С. 47–51.

REFERENCES

- [1] GOST 2.601-2013 Interstate standard. Unified system for design documentation. Accompanying document.
- [2] GOST 24. 104-85 Common system of standards for computer-aided control systems. Computer-aided control systems. General requirements.
- [3] GOST RD 50-34.698-90 Computer-aided systems. Requirements for the content of the documents.
- [4] Pyavchenko T.A., Finaev V.I. Computer-aided information-control system. – Taganrog: TSURE Publishing House, 2007. – p. 271.
- [5] Shukshunov V.E., Tsybliev V.V., Polotskiy S.I. and others. Simulators and simulator complexes. Technology development and operating experience / Edited by Shukshunov V.E. – Moscow: Mashinostroenie Publ., 2005. – p. 384.
- [6] Glazunov L.P., Grabovetskiy O.V., Scherbakov O.V. Fundamentals of the theory of reliability of computer-aided control systems. – St. Petersburg: Energoatomizdat Publ., 1984. – p. 208.
- [7] Polunina E.V., Shevchenko L.E., Vinogradov Yu. A. Procedural guidelines for the operators of the ISS RS simulator complex // Proceedings of the IX International Conference “Psychology and Ergonomics: the Unity of Theory and Practice”, Part II. – Tver’, 2015. – pp. 47–51.