МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ ТРЕНАЖЕРОВ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ ДЛЯ ОТРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

Самокутяев А. М.

заместитель командира отряда космонавтов, летчик-космонавт, Герой Российской Федерации, Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина (Россия), 141100, Россия, Московская обл., Звездный городок, a.samo@mail.ru

Наумов Б. А.

доктор технических наук, доцент, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина (Россия), 141100, Россия, Московская обл., Звездный городок, b.naumov008@mail.ru

Старикова Т. В.

кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой финансов Владимирского филиала, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Россия), 600017, г. Владимир, ул. Горького, 59 «А», t.v.starikova@mail.ru

УДК 629.78
ББК 39.6

Цель исследования: разработка методического обеспечения создания тренажеров пилотируемых космических аппаратов, использование которого позволит добиться рациональности структуры комплекса тренажеров, сократить сроки создания и модернизации тренажеров и повысить эффективность подготовки космонавтов.

Методы. Проанализированы основные предпосылки и проблемы создания тренажерных комплексов пилотируемой космонавтики. Принятие эффективных управленческих решений в пилотируемой космонавтике, в том числе в условиях нештатной ситуации, невозможно без использования тренажерных комплексов для экипажей пилотируемой космонавтики. Космические тренажёры представляют из себя сложную систему «человек-машина», при этом каждый из них по сути является уникальным изделием и на этапе их проектирования зачастую используются различные подходы и технические решения. Это объясняется большим количеством Головных разработчиков и их разрозненностью и отсутствием единых научно-обоснованных подходов, используемых при создании тренажёров. Также нет единых правил определения структурного и количественного состава тренажёрных комплексов.

Результаты. В результате, в области космического тренажёростроения сложилась ситуация, когда структура тренажёрного комплекса и количество тренажёров определяется исключительно эмпирическими методами, а использование разных подходов при их создании приводят к усложнению их эксплуатации и обслуживания в дальнейшем. Данная ситуация усугубляется тем, что усложнение программы космических полетов приводит к тому, что экипажу космического корабля необходимо принимать большое количество управленческих и инженерных решений в условиях ограниченного времени с учетом возможных нештатных ситуаций. Такие навыки могут быть отработаны только на тренажёрных комплексах, имитирующих различные отклонения от стандартной ситуации или процесса. Таким образом, разработка методического обеспечения создания космических тренажёров представляет из себя актуальную научную задачу, решение которой поможет оптимизировать процесс принятия решений в пилотируемой космонавтике, в том числе в условиях нештатной ситуации позволит минимизировать риски для экипажа космического корабля.

Научная задача исследования состоит в разработке методического обеспечения создания космических тренажеров, под которой будем понимать: совокупность принципов, методик, алгоритмов и системы показателей. Решение данной задачи предлагается осуществить на основе формализации описания процесса создания космических тренажеров.

Ключевые слова: тренажеры пилотируемой космонавтики, космическое тренажёростроение, сопровождение управленческих решений в условиях неопределенности внешней и внутренней среды.

© Самокутяев А. М., Наумов Б. А., Старикова Т. В., 2018

Самокутяев А. М., Наумов Б. А., Старикова Т. В.

METHODICAL SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT AND CREATION OF MANNED SPACECRAFT SIMULATORS FOR PRACTICING MANAGEMENT DECISIONS IN EMERGENCY SITUATIONS

Samokutyaev A. M.

deputy Commander of the Cosmonaut Squad, Pilot-Cosmonaut, Hero of the Russian Federation, Research and Testing Center for Cosmonaut Training named after Yu. A. Gagarin (Russia), 141100, Russia, Moscow Region, Star City, a.samo@mail.ru

Naumov B. A.

doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Laureate of the State Prize of the Russian Federation in the field of science and technology, Chief Researcher, Center for Cosmonaut Training named after Yu. A. Gagarin (Russia), 141100, Russia, Moscow Region, Star City, b.naumov008@mail.ru

Starikova T. V.

candidate of Economics, Associate Professor, Head of the Finance Department of the Vladimir Branch, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Russia), 600017, Russia, Vladimir, Gorky str., 59 "A", t.v.starikova@mail.ru

The purpose of the research: the development of methodological support for the creation of simulators of manned spacecraft, the use of which will make it possible to achieve rationality of the structure of the simulator complex, reduce the time needed to create and modernize simulators and increase the efficiency of cosmonaut training.

Methods. The main prerequisites and problems of creating training complexes of manned space flight are analyzed. The adoption of effective management decisions in a manned space program, including in an emergency situation, is impossible without the use of training complexes for manned space flight crews. Space simulators are a complex man-machine system, each of which is essentially a unique product and at the design stage they often use different approaches and technical solutions. This is due to the large number of Head Developers and their fragmentation and the lack of common science-based approaches used in the creation of simulators. Also, there are no uniform rules for determining the structural and quantitative composition of training complexes.

Results. As a result, a situation has arisen in the field of space simulators when the structure of the simulator complex and the number of simulators is determined solely by empirical methods, and the use of different approaches in their creation leads to the complication of their operation and maintenance in the future. This situation is aggravated by the fact that the complexity of the space flight program leads to the fact that the spacecraft crew must make a large number of managerial and engineering decisions in a limited time, taking into account possible emergency situations. Such skills can only be worked out at training complexes that simulate various deviations from a standard situation or process. Thus, the development of methodological support for the creation of space simulators is an actual scientific problem, the solution of which will help optimize the decision-making process in manned space flight, including in an emergency situation, will minimize the risks for the spacecraft crew.

The scientific task of the research is to develop methodological support for the creation of space simulators, by which we will understand: a set of principles, methods, algorithms and a system of indicators. The solution of this problem is proposed to be carried out on the basis of the formalization of the description of the process of creating space simulators.

Key words: manned cosmonautics simulators, space simulator construction, maintenance of management decisions in the face of uncertainty of the external and internal environment.

Актуальность

Одним из условий эффективного управления сложными динамическими объектами, касающихся технических средств подготовки космонавтов, является их надежность и обеспечение их грамотной эксплуатации. В этой связи требуется специальная, высокопрофессиональная подготовка персонала подготовки космонавтов в области принятия управленческих, технических и программных решений (операторов, экипажей, команд), который по своим организационным качествам должен отвечать сверхкритичным отношением к делу.

К персоналу, который обеспечивает управление космическими аппаратами, самолетами, вертолетами, воздушным движением, морскими надводными и подводными кораблями, сухопутной боевой техникой, железнодорожными и транспортными средствами, энергосистемами, сложными и опасными технологическими процессами предъявляются особые требования по принятию эффективных управленческих и технических решений [1].

В данном случае разработка управленческих решений предполагает [2]:

1. Методическое сопровождение управленческих решений в условиях неопределенности внешней и внутренней среды.
2. Исследование факторов, влияющих на эффективность решений, призванных обеспечить надежность системы.
3. Изучение особенностей технологического характера по обеспечению надежности технических средств подготовки космонавтов.
4. Обоснование методов анализа и обоснования управленческих решений.
5. Получение практических навыков или при помощи проигрывания конкретных внештатных ситуаций добиться реализации конкретных практических задач.

Соблюдение всех вышеперечисленных подходов является важнейшим условием принятие эффективного управленческого решения особенно в условиях нештатной ситуации, сопровождающейся повышенными рисками для жизни и здоровья экипажа космического корабля.

Профессиональная практическая подготовка операторов по принятию различных решений в нештатной ситуации осуществляется преимущественно на тренажерах, которые моделируют работу реальных объектов и воспроизводят близкие к реальным условия его функционирования, опираясь на здравый смысл и поведение в нештатной ситуации.

По мнению известного в около космических кругах ученого, автора многих монографий по созданию и эксплуатации космических тренажеров Б. А. Наумова: «В осуществлении пилотируемых космических полетов тренажерная техника играет особую роль. Тренажеры и моделирующие стенды являются единственными в условиях Земли средствами для практического обучения и отработки космонавтами навыков и умений управления системами пилотируемых космических аппаратов, а также для проверки готовности экипажей к выполнению программ полетов» [3]. Практика показывает, что на этапе комплексной подготовки космонавтов тренировки на космических тренажерах занимают до 70 % от общего времени обучения.

К основным условиям обеспечение высокого качества, в плане надежности, управленческого решения при подготовке космонавтов заключается в том, что после завершения подготовки на тренажерах экипажи самостоятельно выполняют космический полет. Это предполагает обеспечение лица, принимающего ответственное решение всей необходимой информацией в части входа и выхода внешней среды, ключевыми параметрами и возможными их динамическими изменениями.

Учитывая тенденции увеличения продолжительности эксплуатации орбитального комплекса и соответственно увеличении эксплуатации комплекса технических средств подготовки космонавтов (ТСПК), увеличения его количественного состава, технического и технологического усложнения космических комплексов вопросы методического обеспечения разработки и эксплуатации тренажеров пилотируемой космонавтики имеют актуальное самостоятельное значение.

Состояние изученности вопроса по созданию технических средств подготовки космонавтов (ТСПК)

Технические средства подготовки космонавтов являются уникальными, сложными и дорогостоящими системами, создание которых представляет собой сложный и длительный процесс. В отличии от других областей человеческой деятельности, технические средства подготовки космонавтов создаются параллельно с созданием лётного изделия. Необходимо также отметить, что качественная подготовка операторов на космических тренажёрах возможна только тогда, когда тренажёры будут созданы за определённое время до завершения работ на лётном изделии. Это время необходимо для качественной подготовке экипажей. Несвоевременное завершение работ по созданию тренажёров приводит к снижению эффективности процесса подготовки экипажей и уровня безопасности выполнения космического полёта. До настоящего времени не всегда удавалось своевременно создавать комплексные тренажёры космических аппаратов в полном объёме требований технического задания. Такая ситуация зачастую приводит к большому количеству замечаний к работе экипажей.

В каждом конкретном случае программа полета на орбитальный пилотируемый комплекс определяет требования и задачи по подготовке будущих экипажей, они могут отличаться не по всем факторам и параметрам.

Исходя из этих задач, идет формирование облика комплекса и укомплектование техническими средствами подготовки космонавтов, который предназна-

чен для практической отработки экипажами всех элементов космического полета.

Основными элементами данного комплекса являются:

- специализированные тренажеры транспортных пилотируемых кораблей и орбитальных модулей;
- имитаторы условий космического полета;
- средства подготовки космонавтов по работам в открытом космосе;
- технические средства, предназначенные для проведения теоретической и практической подготовки;
- средства подготовки к действиям после посадки и принятию решений в нештатных ситуациях и т.д.

Увеличение количества уникальных полётных задач, решаемых на борту космических кораблей, привело к значительному увеличению количества тренажных средств подготовки космонавтов и их усложнению. По сравнению с программой «Восток» количество ТСПК увеличилось в 8 раз (рис. 1).

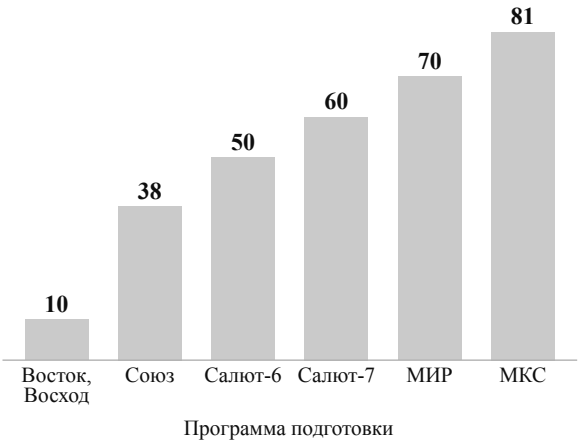


Рис. 1. **Количество технических средств подготовки космонавтов по различным пилотируемым программам СССР и России.**

Как правило, для каждого пилотируемого космического аппарата (орбитальный модуль, транспортный пилотируемый корабль), обеспечивающих программу полета, создаются игровые имитационные модели специализированных тренажеров и стендов. В частности, для подготовки экипажей для работы на базе российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) было создано около 100 технических средств подготовки. На этом комплексе проведено около 30000 тренировок, на их проведение затрачено около 60000 часов. Это показывает высокую интенсивность использования созданных технических средств подготовки космонавтов.

По мнению П. Климука и других советских и российских космонавтов комплекс ТСПК является одной из основных составных частей всей системы подготовки космонавтов [4].

По его мнению, должны учитываться фактор времени, фактор качества, условия или среда применения, фактор риска и другие аспекты в системе подготовки космонавтов.

Отталкиваясь от этих факторов, можно сформулировать основные требования к создаваемым комплексам технических средств подготовки космонавтов (ТСПК). К основным из них относятся:

Фактор качества. Создаваемый комплекс ТСПК должен обеспечивать возможность практической отработки всего множества полетных функций – операций {Oi} и всего множества нештатных ситуаций {Hj}.

Фактор время. Во-первых, обеспечение альтернативных вариантов технических средств, когда количество создаваемых ТСПК определяется множеством экипажей {Sm} и требуемой интенсивностью проведения тренировок. Во-вторых, комплекс ТСПК должен быть создан заблаговременно до запуска ПКА, с целью обеспечения эффективной подготовки экипажей. Для сокращения времени при принятии решений требуется использовать систему кодирования операций.

Фактор среды. Предполагает обеспечение адекватности проводимых тренировок реальному полету и обеспечение методических требований подготовки космонавтов. При принятии управленческого решения это касается вопросов режима работы, организационно-технических условий эксплуатации и т.д.

Фактор риска. Этот фактор связан с неполнотой или неточностью информации, неблагоприятными социально-психологическими и иными аспектами.

Проблемная ситуация. Анализ показал, что в России просматривается устойчивая тенденция роста количества полетных операций на борту орбитальных комплексов. Одновременно наблюдается рост проходящих подготовку космонавтов, в том числе из зарубежных стран, при этом усложняются программы полета. Все это ведет к усложнению процесса принятия решений.

С учетом этого требуется шире использовать метод редукции, который позволяет осуществлять некоторые преобразования решаемых проблем в наиболее удобные формы и виды, более простые и легче поддающиеся анализу. При этом взаимосвязь элементов рассматривается как внутренний механизм, управляющий целой системой.

На практике принцип редукции не всегда учитывается, это ведет к тому, что формирование комплекса ТСПК, определение количественного состава однотипных тренажеров приводит к необоснованному дублированию тренажеров, увеличению номенклатуры технических и программных средств, увеличению сроков создания тренажеров, усложнению процесса эксплуа-

тации и как следствие к снижению эффективности создания и эксплуатации ТСПК. Это определяет противоречие между существующим подходом к созданию ТСПК и требованиями рациональности комплекса ТСПК.

Решение этой проблемы связано с решением следующих задач:

- адресность цели, возлагаемых на тренажеры;
- ресурсное обеспечение цели в связи с увеличением количества экипажей, одновременно проходящих подготовку на тренажерах;
- измеримостью цели в связи со значительным увеличением номенклатуры технических средств подготовки;
- незавершенностью субординации цели: несвоевременным созданием технических средств подготовки космонавтов;
- эмпирическим подходом к процессу формирования комплекса ТСПК.

Гипотеза исследования предполагает, что эффективность создания перспективного комплекса ТСПК и его использование (эксплуатации) может быть существенно повышена при разработке и внедрении усовершенствованного методического обеспечения, позволяющего оптимизировать структуру комплекса ТСПК и количественный состав однотипных тренажерных средств подготовки.

В этой связи нами предлагается постановка и решение ряда управленческих задач.

1. Это типичные задачи управления, возникающие в связи с появлением непредусмотренных отклонений фактического состояния от планируемого. С точки зрения космонавта П. Климука «комплекс ТСПК может быть представлен разными структурами в зависимости от стадии познания объектов или процессов, от аспекта их рассмотрения, цели создания. Именно структура делает систему некоторым качественно определенным целым, так как структура предполагает взаимодействие элементов друг с другом по-разному, выдвигая на первый план те или иные стороны, свойства компонентов. Структура является важнейшей характеристикой комплекса ТСПК, так как при одном и том же составе компонентов, но при различном взаимодействии между ними меняется и назначение комплекса, и его возможности [5]. По нашему мнению, главным препятствием создания эффективных структур является то обстоятельство, что в процессе создания и эксплуатации ТСПК существенно меняются приведенные выше условия.

2. Исходя из анализа, для разрешения противоречий нами рекомендуется использование ситуационного моделирования. Моделирование ситуации в пространстве представляет, по существу, процесс решения объективно необходимых задач управления такой сложной системой, какой является подготовка космонавтов и решается по последующей схеме:

$$Сн \Rightarrow Со \Rightarrow Ст \Rightarrow Ср \Rightarrow Сс,$$

где *Сн* – начальное состояние объекта;

Со – ожидаемое состояние объекта;

Ст – моделирование требуемых состояний;

Ср – учет рисков;

Сс – согласование сторон подготовки космонавтов.

При использовании принципов симтуационного моделирования необходимо учитывать:

Базовые понятия $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$. Понятия связаны с особенностями процесса подготовки космонавтов. Характеризуют внешнее возмущающее воздействие среды (условия проведения тренировок, степень подготовленности инструкторского состава и т.д.

Базовые отношения $R = \{r_1, r_2, \ldots, r_m\}$. Связаны со стандартными требованиями и функциями.

Касаются конкретных космонавтов с их психологическими особенностями, в том числе количество членов экипажа, имеющих опыт полета, то есть персонализационными качествами $I = \{i_1, i_2, \ldots, \mathrm{i}_L\}$.

Алгоритм решений $P = \{p_1, p_2, \ldots, p_K\}$. Касаются команд, множество расчетных нештатных ситуаций определенные для отработки на тренажерных средствах, в том числе команд: запустить модуль, отключить модуль, изменить характеристики.

Оценки решений $O = \{o_1, x_2, \ldots, o_S\}$. Касаются множество корректирующих воздействий, время и качества подготовки космонавтов и возможных ограничений. Ограничения могут быть описаны как содержательным образом, так и заданы в виде некоторых формальных требований.

Для достижения поставленной цели при рассмотрении основных направлений совершенствования комплекса ТСПК, необходимо учитывать следующие факторы и тенденции:

- интенсивное развитие сете центрических методов управления и, прежде всего, технологий виртуальной реальности; появление новых технических и программных средств с новыми функциональными возможностями;
- перспективы расширения масштабов космических исследований с учетом специфики осуществления полетов к Луне, Марсу и другим планетам;
- расширение международного сотрудничества в космосе; необходимость совместной подготовки экипажей для работы на модулях, создаваемых в рамках кооперации ученых и специалистов разных стран;
- тенденции использования разработок и технологий в области космической техники для организации просветительской работы, пропаганды достижений российской космонавтики;

• необходимость повышения эффективности использования создаваемых новых средств подготовки космонавтов;

• дальнейшее совершенствование автоматизированной системы управления процессом подготовки космонавтов;

• молодежный образовательный «Космоцентр».

Разработка методического обеспечения разработки и создания тренажеров пилотируемой космонавтики предлагает учет некоторых важных пунктов или ограничений:

1. Неполнота исходных данных. С этой целью большое значение имеет комплексная информатизация и автоматизация деятельности ЦПК, охватывающая все основные сферы его деятельности и совместное использование тренажерных средств на основе создания единой информационно-вычислительной сети.

2. Отклонение от оптимума. С целью уменьшения зависимости требуется использование последних достижений в области информационных технологий обработки, хранения и активизации данных для решения задач более полного и адекватного моделирования условий работы космонавтов в космосе, в частности для полного погружения обучаемого в моделируемую среду с применением технологий виртуальной реальности и стереосистем отображения информации.

3. Трудности выбора критериев оптимальности. С этой целью важно сохранение общей методики, принципов организации подготовки космонавтов и построения ТСПК (принципов унификации и модульности, коллективного использования дорогостоящих ресурсов, распределенной сетевой обработки информации в реальном масштабе времени).

Заключение

1. Основой тренажерного обеспечения подготовки космонавтов, позволяющей экономично и эффективно решать задачи подготовки экипажей, должны стать унифицированные тренировочные средства, отвечающие всем современным требованиям и разработанные на базе единой технической политики, широкого использования новых технологий, а также современных аппаратных и программных средств. Этому способствует сохранение и развитие принципов создания учебно-тренировочных средств подготовки космонавтов, основанных на сочетании технических технологий и технологий виртуальной реальности, обеспечивающее сокращение стоимости и сроков создания ТСПК.

2. Разрабатываемое методическое обеспечение создания космических тренажеров предлагает научно-обоснованные подходы по определению структуры и количественному составу перспективных комплексов технических средств подготовки космонавтов. Это позволит рационально использовать выделяемые ресурсы, сократить сроки создания технических средств и повысить эффективность принятия управленческих решений экипажем космического корабля, в том числе в нештатных ситуациях, что предполагает расширение учебно-методических и дидактических возможностей подготовки космонавтов, повышение качества их подготовки.

Литература:

1. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / под ред. В. Е. Шукшунова. М.: Машиностроение, 2005. 384 с
2. Ларичев И. О. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000.
3. Наумов Б. А. Космические тренажеры. Звездный городок: НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина, 2013. 214 с.
4. Климук П. И. Российская система подготовки космонавтов Звездный городок, 2003. 109 с.
5. Качала В. В. Основы теории систем и системного анализа. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 210 с.
6. Петровский А. Б. Теория принятия решений. М.:Академия, 2009. 400 с.

References:

1. Training complexes and simulators. Development technologies and operating experience / ed. V. E. Shukshunova. M.: Mashinostroenie, 2005. 384 p.
2. Larichev I. O. Theory and methods of decision making. M.: Logos, 2000.
3. Naumov B. A. Space simulators. The Star City: Research Institute of Central Training Complex named after Yu. A. Gagarin, 2013. 214 p.
4. Klimuk P. I. Russian cosmonaut training system Star City, 2003. 109 p.
5. Kachala V. V. Fundamentals of the theory of systems and systems analysis. M.: Hotline-Telecom, 2012. 210 p.
6. Petrovsky A. B. Decision theory. M.: Academy, 2009. 400 p.