

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 1(26)/2018

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Власов П.Н.,
Герой Российской Федерации,
заслуженный летчик-испытатель Российской Федерации

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Крючков Б.И.,
докт. техн. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Курицын А.А. ,	заместитель главного редактора, докт. техн. наук, доцент
Алифанов О.М. ,	докт. техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН
Батурин Ю.М. ,	Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации, докт. юридических наук, профессор, член-корреспондент РАН
Бурдаев М.Н. ,	докт. техн. наук, профессор
Жуков В.М. ,	докт. техн. наук, профессор
Зубов Н.Е. ,	докт. техн. наук, профессор
Микрин Е.А. ,	докт. техн. наук, профессор, академик РАН
Наумов Б.А. ,	докт. техн. наук, доцент
Орлов О.И. ,	докт. мед. наук, академик РАН
Соколов В.П. ,	докт. техн. наук, профессор
Соловьев В.А. ,	дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, докт. техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН
Сохин И.Г. ,	докт. техн. наук, доцент
Усов В.М. ,	докт. мед. наук, профессор
Шукшунов В.Е. ,	докт. техн. наук, профессор
Ярополов В.И. ,	докт. техн. наук, профессор

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНАЯ ГРУППА:

Харламов М.М. ,	руководитель редакционно-экспертной группы
Васильева Л.К. ,	выпускающий редактор
Волкова Н.В. ,	технический редактор
Гордиенко О.С. ,	ответственный за распространение журнала
Дмитриев В.Н. ,	канд. воен. наук
Долгов П.П. ,	канд. техн. наук
Игнатьев С.В. ,	канд. техн. наук, доцент
Кальмин А.В. ,	ответственный секретарь
Каспранский Р.Р. ,	канд. мед. наук
Орешкин Г.Д. ,	канд. техн. наук, доцент
Сасв В.Н. ,	докт. техн. наук, доцент
Титова М.Л. ,	редактор
Тюрин М.В. ,	Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации

MANNED SPACEFLIGHT

SCIENTIFIC JOURNAL

No 1(26)/2018

CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD

Vlasov P.N.,
Hero of the Russian Federation,
Honored Test Pilot of the Russian Federation

EDITOR IN CHIEF

Kryuchkov B.I.,
Doctor of Technical Sciences

EDITORIAL BOARD:

Kuritsyn A.A. ,	Deputy Editor-in-Chief , DScTech, Associate Professor
Alifanov O.M. ,	DScTech, Professor, Corresponding Member of the RAS
Baturin Yu.M. ,	Hero of the Russian Federation, pilot-cosmonaut of the Russian Federation, Doctor in Law, Professor, Corresponding Member of the RAS
Burdaev M.N. ,	DScTech, Professor
Zhukov V.M. ,	DScTech, Professor
Zubov N.E. ,	DScTech, Professor
Mikrin E.A. ,	DScTech, Professor, Academician of the RAS
Naumov B.A. ,	DScTech, Associate Professor
Orlov O.I. ,	M.D., Academician of the RAS
Sokolov V.P. ,	DScTech, Professor
Solovyov V.A. ,	twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut of the USSR, DScTech, Professor, Corresponding Member of the RAS
Sokhin I.G. ,	DScTech, Associate Professor
Usov V.M. ,	M.D., Professor
Shukshunov V.E. ,	DScTech, Professor
Yaropolov V.I. ,	DScTech, Professor

EDITORIAL-EXPERT GROUP:

Kharlamov M.M. ,	Head of the Editorial-Expert Group
Vasilieva L.K. ,	Executive editor
Volkova N.V. ,	Technical editor
Gordienko O.S. ,	Distributor
Dmitriev V.N. ,	Candidate of Military Sciences
Dolgov P.P. ,	Candidate of Technical Sciences
Ignatiev S.V. ,	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kalmin A.V. ,	Executive secretary
Kaspranskiy R.R. ,	PhD of Medical Science
Oreshkin G.D. ,	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Saev V.N. ,	DScTech, Associate Professor
Titova M.L. ,	Editor
Tyurin M.V. ,	Hero of the Russian Federation, pilot-cosmonaut of the Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС	5
Основные задачи подготовки и результаты деятельности экипажа МКС-51/52 при выполнении программы космического полета. <i>А.А. Курицын, А.И. Кондрат, В.А. Копнин, Д.Е. Рыбкин, Е.И. Корзун, А.А. Медведев</i>	5
Медицинские аспекты обеспечения безопасности полета экипажа МКС-51/52 (экспресс-анализ). <i>В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алфорова, Е.Г. Хорошева, В.В. Криволапов</i>	20
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС	32
Методика анализа возникающих в процессе эксплуатации пилотируемых космических комплексов отклонений в функционировании системы «экипаж–ПКА–среда» в интересах повышения эффективности деятельности экипажей и обеспечения безопасности космических полетов. <i>Ю.Б. Сосюрка, В.И. Ярополов</i>	32
Операционные подходы к наземному моделированию длительной экспедиции для изучения индивидуального стиля операторской деятельности в интересах отбора космонавтов. <i>Я.С. Боритко, В.И. Гуцин, Ю.А. Бубеев</i>	56
К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны. <i>Е.Ю. Иродов, П.П. Долгов, В.С. Коренной, Б.И. Крючков, В.И. Ярополов</i>	71
Методика выбора вариантов взаимодействия космонавта с антропоморфными робототехническими системами космического назначения. <i>В.Г. Сорокин</i>	90
К вопросу о периодизации развития бортовых средств регистрации визуальной информации пилотируемых космических аппаратов. <i>Д.Ю. Щербинин</i>	106
Актуализация профессиональных стандартов для специалистов в области пилотируемой космонавтики. <i>В.Н. Саев, Ю.А. Виноградов, О.С. Гордиенко, П.П. Долгов, Г.Д. Орешкин, А.И. Шуров</i>	116
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ	124
Владимир Александрович Шаталов. <i>А.А. Курицын, В.А. Копнин, Д.Е. Рыбкин, О.В. Васильева</i>	124
Информация для авторов и читателей	128

CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS.....	5
Main Objectives of the ISS-51/52 Crew Training and Activity When Implementing the Space Flight Program. <i>A.A. Kuritsyn, A.I. Kondrat, V.A. Kopnin, D.E. Rybkin, E.I. Korzun, A.A. Medvedev</i>	5
Medical Aspects of Securing the Flight of the ISS-51/52 Crew Members (Express Analysis). <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov</i>	20
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS.....	32
Methods of Analyzing the Deviations in the Functioning of the “Crew–MSV–Environment” System that Arise during the Operation of Manned Space Complexes in order to Increase Efficiency of Crews’ Activity and Ensure the Spaceflight Safety. <i>Yu.B. Sosyurka, V.I. Yaropolov</i>	32
Operational Approaches to the Ground-Based Simulation of the Long-Term Space Missions in Order to Study Individual Performance Style for the Sake of Cosmonaut Selection. <i>Ya.S. Boritko, V.I. Gushin, Yu.A. Bubeev</i>	56
Cosmonaut Training for Work on the Lunar Surface. <i>E.Yu. Irodov, P.P. Dolgov, V.S. Korennoy, B.I. Kryuchkov, V.I. Yaropolov</i>	71
Methods of Choosing the Options for Interaction of a Cosmonaut with Anthropomorphic Robotic Systems. <i>V.G. Sorokin</i>	90
The Problem of the Periodization of the Development of Onboard Means for Recording Visual Information of Manned Spacecraft. <i>D.Yu. Shcherbinin</i>	106
Actualization of Professional Standards for Specialists in the Field of Manned Space Exploration. <i>Yu.A. Vinogradov, O.S. Gordienko, P.P. Dolgov, G.D. Oreshkin, A.I. Shurov</i>	116
HISTORY. EVENTS. PEOPLE	124
Vladimir Aleksandrovich Shatalov. <i>A.A. Kuritsyn, V.A. Kopnin, D.E. Rybkin, O.V. Vasilieva</i>	124
Information for Authors and Readers.....	128

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-51/52 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

А.А. Курицын, А.И. Кондрат, В.А. Копнин, Д.Е. Рыбкин,
Е.И. Корзун, А.А. Медведев

Докт. техн. наук А.А. Курицын; А.И. Кондрат; В.А. Копнин;
Д.Е. Рыбкин; Е.И. Корзун; А.А. Медведев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-51/52 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС-04» и Международной космической станции (МКС). Освещено проведение научно-прикладных исследований и экспериментов на борту станции. Дан обзор задач, решаемых при выполнении ВКД. Даются замечания и предложения по совершенствованию российского сегмента (РС) Международной космической станции.

Ключевые слова: задачи подготовки экипажа, космический полет, Международная космическая станция, научно-прикладные исследования и эксперименты.

Main Objectives of the ISS-51/52 Crew Training and Activity When Implementing the Space Flight Program. A.A. Kuritsyn, A.I. Kondrat, V.A. Kopnin, D.E. Rybkin, E.I. Korzun, A.A. Medvedev

The paper considers results of the ISS-51/52 crew activity aboard the Soyuz-MC-04 spacecraft and the ISS. The implementation of scientific applied research and experiments aboard the station is covered. The tasks solved when performing extravehicular activity are reviewed. Comments and suggestions on improving the ISS Russian Segment are given.

Keywords: tasks of crew training, spaceflight, International Space Station, scientific applied research and experiments.

Состав экипажа

Основной экипаж длительной экспедиции МКС-51/52 в составе:

Юрчихин Федор Николаевич	командир ТПК «Союз МС-04» бортинженер МКС-51 командир экспедиции МКС-52 (Роскосмос, Россия)
Джек Фишер	бортинженер-1 ТПК «Союз МС-04» бортинженер МКС-51/52 (НАСА, США)

выполнил космический полет длительностью 136 суток с 20 апреля 2017 года по 3 сентября 2017 года. Позывной экипажа ТПК «Союз МС-04» – «Олимп».

Продолжительность полета Пегги Уитсон, бортинженера-2 ТПК «Союз МС-03», бортинженера экспедиции МКС-50, командира экспедиции МКС-51 и бортинженера МКС-52 составила 289 суток с 17 ноября 2016 года по 3 сентября 2017 года.

По взаимному соглашению НАСА и Роскосмоса было продлено пребывание на МКС Пегги Уитсон на 94 дня, в связи с чем она возвратилась в составе экипажа ТПК «Союз МС-04» вместе с командиром корабля Ф.Н. Юрчихиным и бортинженером-1 корабля Д. Фишером (рис. 1).



Юрчихин
Федор Николаевич

Джек Фишер

Пегги Уитсон

Рис. 1. Экипаж ТПК «Союз МС-04»

Юрчихин Федор Николаевич – космонавт Роскосмоса, до назначения в экипаж совершил 4 космических полета. Всего – 5 космических полетов (671 сутки 20 часов 39 минут), 9 выходов (59 часов 27 минут).

Джек Фишер – астронавт НАСА, не имел опыта космических полетов. Летчик-испытатель ВВС США. В отряде астронавтов НАСА с июля 2009 года.

Пегги Уитсон – астронавт НАСА, биохимик по образованию. Была зачислена в отряд НАСА в мае 1996 года. Имела опыт двух космических полетов, 9 выходов в открытый космос. Рекордсменка среди женщин-астронавтов по продолжительности пребывания в космосе – 665 суток. С 10 апреля 2017 года – командир МКС-51.

Основные итоги полета

Старт ТПК «Союз МС-04» состоялся 20 апреля 2017 года с космодрома Байконур. Состав экипажа (рис. 2):

– Юрчихин Федор Николаевич – командир корабля (Роскосмос, Россия);

– Джек Фишер – бортиженер-1 (НАСА, США).

В космическом полете выполнены следующие работы:

– доставка экипажа экспедиции МКС-51/52 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 20 апреля 2017 года ТПК «Союз МС-04» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ2 ($T_{М.З.} = 16:18:31$ ДМВ). Впервые сближение и стыковка ТПК данной серии выполнялись по четырехвитковой схеме;

– сближение американского грузового корабля «Cygnus OA-7» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля к надирному порту Node1 АС МКС осуществлены 22 апреля 2017 года ($T_{ОКОНЧАНИЯ}$ *затяжки болтов* = 15:47 ДМВ);

– научно-прикладные исследования и эксперименты в соответствии с программой НПИ;



Рис. 2. Экипаж МКС-51/52 перед стартом

– техническое обслуживание бортовых систем, ремонтно-восстановительные работы, дооснащение, проведение телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок, работы по программе символической деятельности;

– расстыковка ТПК «Союз МС-03» от стыковочного узла МИМ1. Расстыковка проведена 2 июня 2017 года в 13:47:06 ДМВ, время посадки СА – 17:10:30 ДМВ;

– расстыковка грузового корабля «Cygnus OA-7» от модуля Node1 АС МКС. Расстыковка выполнена 4 июня 2017 года. Время отделения от манипулятора станции SSRMS – 16:10 ДМВ;

– сближение американского грузового корабля многоразового использования SpaceX-11 «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля на надирном порту модуля Node2 АС МКС. Затяжка болтов проведены 5 июня 2017 года ($T_{\text{ОКОНЧАНИЯ ЗАТЯЖКИ БОЛТОВ}} = 19:19$ ДМВ);

– стыковка ТГК «Прогресс МС-06» к АО СМ выполнена 16 июня 2017 года ($T_{\text{М.З.}} = 14:37$ ДМВ). Сближение грузового корабля проводилось по двухсуточной схеме;

– расстыковка американского корабля SpaceX-11 «Dragon» от манипулятора SSRMS АС МКС ($T = 09:40$ ДМВ). Сход с орбиты и приводнение в расчетной точке Тихого океана ($T = 15:12$ ДМВ) осуществлены 3 июля 2017 года;

– расстыковка ТГК «Прогресс МС-05» от модуля СО1 проведена 20 июля 2017 года ($T_{\text{ФАКТИЧЕСКОЙ РАССТЫКОВКИ}} = 20:46$ ДМВ);

– стыковка ТПК «Союз МС-05» к стыковочному узлу модуля МИМ1 выполнена 29 июля 2017 года ($T_{\text{М.З.}} = 00:54:46$ ДМВ);

– сближение американского грузового корабля многоразового использования SpaceX-12 «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля на надирном порту модуля Node2 АС МКС. Затяжка болтов проведена 16 августа 2017 года ($T_{\text{ОКОНЧАНИЯ ЗАТЯЖКИ БОЛТОВ}} = 17:00$ ДМВ);

– выполнение ВКД-43 17 августа 2017 года из стыковочного отсека СО1. Продолжительность выхода – 7 ч 33 мин. Выход осуществили космонавты Ф. Юрчихин и С. Рязанский;

– проведение испытаний новой серии скафандра «Орлан-МКС»;

– возвращение экипажа МКС-51/52 на Землю. Расстыковка и посадка ТПК «Союз МС-04» выполнены 3 сентября 2017 года. Время расстыковки – 00:58:03 ДМВ, время посадки СА – 04:21:50 ДМВ.

Состав экипажа корабля «Союз МС-04» при выполнении спуска:

– Юрчихин Федор Николаевич – командир корабля (Роскосмос, Россия);

– Джек Фишер – бортинженер-1 (НАСА, США);

– Пегги Уитсон – бортинженер-2 (НАСА, США).

Основные задачи подготовки экипажа к полету

Подготовка к полету членов экипажа МКС-51/52 проводилась с 10 марта 2015 года. Программа подготовки была разработана с учетом задач полета, уровня подготовленности и функциональных обязанностей членов экипажа.

Объемы подготовки в России на этапе основного экипажа представлены в таблице 1. Подготовка проводилась поочередными тренировочными сессиями: в России – по российскому сегменту, транспортным пилотируемому и грузовым кораблям, и на базах международных партнеров – по другим элементам МКС.

Таблица 1

Объемы подготовки в России (в часах, на этапе основного экипажа)

Разделы подготовки	Ф. Юрчихин	Д. Фишер	П. Уитсон
Подготовка по ТПК «Союз МС»	116,5	104,5	64
Подготовка по РС МКС	68,8	39	36
Подготовка к ВКД	26	-	4
Подготовка по научной программе	84,9	1	1
Медико-биологическая подготовка	94,3	28	34
Другие виды подготовки	56	33	129
Всего:	446,5	205,5	268

Основными задачами подготовки по МКС и ТПК «Союз МС-04» являлись:

- формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз МС-04»;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при управлении бортовыми системами и агрегатами ТПК на всех этапах полета (в штатных и нештатных ситуациях);
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении сближения, причаливания, стыковки и перестыковки ТПК «Союз МС» на все стыковочные узлы РС МКС;
- отработка навыков выполнения ручного управляемого спуска (РУС);

- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-АК;
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-ДК;
- построение солнечной ориентации и закрутки ТПК в режимах РО-АК и РО-ДК;
- отработка действий членов экипажа в аварийных ситуациях: пожар, разгерметизация, токсичность атмосферы;
- отработка действий по выполнению срочного спуска с орбиты в случае покидания МКС;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении расстыковки ТПК с неориентированной и нестабилизированной МКС;
- отработка навыков по выполнению причаливания, стыковки и расстыковки ТГК «Прогресс МС» на стыковочные узлы РС МКС в режиме ТОРУ;
- контроль автоматического сближения и стыковки ТГК «Прогресс МС» с МКС;
- подготовка экипажа к приему/передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-50/51 и МКС-52/53;
- выполнение операций по консервации и расконсервации ТПК, операциям по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- эксплуатация бортовых систем РС МКС (модули ФГБ, СМ, СО1, МИМ1, МИМ2);
- выполнение технического обслуживания, ремонта и дооснащения систем РС МКС;
- ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладке снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемых кораблях;
- выполнение программы научно-прикладных исследований и экспериментов на российском сегменте МКС;
- подготовка по задачам внекорабельной деятельности в объеме типовых операций и по программе ВКД-43;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа в случае нештатной посадки в различных климатогеографических зонах;
- подготовка к адаптации к факторам космического полета, отработка навыков оказания само- и взаимопомощи и эксплуатации бортовых медицинских средств.

Результаты экзаменационных тренировок представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты экзаменационных тренировок

Вид экзамена	Ф. Юрчихин	Д. Фишер	П. Уитсон
ЭКТ по ТПК «Союз МС»	5,0		5,0
ЭКТ по РС МКС	4,9		5,0
По ручному сближению ТПК «Союз МС»	5,0		-
По ручному причаливанию и перестыковке ТПК «Союз МС»	5,0	-	-
По ТОРУ ТГК «Прогресс МС»	4,8	-	-
По РУС ТПК «Союз МС»	5,0	5,0	-

Полет на борту транспортного пилотируемого корабля «Союз МС-04»

Старт ТПК «Союз МС-04» был произведен 20 апреля 2017 года с космодрома Байконур.

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно, $T_{КП} = 10:13:43$; $T_{КО} = 10:22:31$ ДМВ. Параметры орбиты выведения: период $T = 88,77$ мин, наклонение $i = 51,64$ град., высота $h \times H = 199,9$ км \times 257,4 км.

В процессе предстартовой подготовки, выведения и маневров замечаний к работе бортовых систем не выявлено.

Впервые сближение пилотируемых кораблей данной серии осуществлялось по четырехвитковой схеме. Номинальный двухимпульсный маневр первого интервала маневрирования дальнего сближения с МКС проводился на 1-м и 2-м суточных витках. Корректирующий двухимпульсный маневр по расчетам ЦВМ был выполнен на 2-м и 3-м суточных витках.

На 3-м суточном витке началось проведение этапа автономного сближения с МКС, в заключение которого выполнялись автоматический облет, причаливание и стыковка к модулю МИМ2.

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля, контроль герметичности стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открытие переходных люков.

Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы автономного полета ТПК «Союз МС-04».

Завершив программу полета на борту МКС, началась подготовка экипажа к возвращению на Землю. На 11-м суточном витке проведена расконсервация корабля. Переход на автономное питание выполнен эки-

пажем на этом же витке по указанию с Земли в 21:20:00 ДМВ. По указанию ЦУПа-М в 21:45:37 ДМВ экипаж выполнил закрытие переходных люков на 12-м суточном витке. На этом же витке экипажем была проведена проверка герметичности переходных люков.

Подготовка к расстыковке проводилась по штатной программе полета. На 13-м суточном витке после перехода в СА и закрытия люка СА-БО приступили к проверке герметичности скафандров и люка СА-БО.

Расстыковка выполнена 3 сентября 2017 года на 14-м суточном витке в автоматическом режиме в дежурной ориентации МКС. Запуск динамического режима СУДН для режима расстыковки выполнен экипажем в 00:49:00 ДМВ. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа выдана экипажем в 00:56:30 ДМВ, время фактической расстыковки – 00:58:03 ДМВ.

Спуск выполнялся по штатной программе. Запуск динамического режима СУДН для режима спуска выполнен на 15-м суточном витке в 02:28:30 ДМВ, посадка – на 1-м суточном витке. По указанию ЦУПа в 03:14:00 ДМВ экипаж выдал команду «ЗАПРЕТ ИКВ». Время включения СКД для выдачи тормозного импульса – 03:28:54 ДМВ. Двигатель работал штатно, отработал тормозной импульс 128,0 м/с без замечаний. Разделение отсеков прошло в 03:56:16 ДМВ. Расчетное время входа СА в атмосферу – 04:00:39 ДМВ. Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС. Внеатмосферный промах составил +4 секунды. Максимальная перегрузка – 4,12 единицы (по докладу экипажа). Специалисты ПСС обнаружили СА на парашюте в расчетном районе, установили связь с экипажем и визуальный контакт в 04:11 ДМВ.

Посадка спускаемого аппарата осуществлена 3 сентября 2017 года в 04:21:50 ДМВ в расчетной точке с координатами 47°20' с.ш., 69°32' в.д. вблизи г. Дзержинска. Двигатели мягкой посадки сработали штатно. Работа по эвакуации экипажа началась ориентировочно в 04:35 ДМВ после взятия СА под охрану (рис. 3). Аппарат после посадки находился на боку.



Рис. 3. Экипаж МКС-51/52 после посадки

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-51/52 работал на борту МКС 136 суток с 20 апреля 2017 года по 3 сентября 2017 года. Экипаж выполнил обширный объем работ по техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем РС МКС, программу научно-прикладных исследований и экспериментов, провел ремонтно-восстановительные работы, большое количество телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок.

Для продолжения дальнейшей эксплуатации МКС в пилотируемом режиме на российском сегменте выполнены следующие основные работы по материально-техническому обслуживанию систем:

- профилактические работы с файловым сервером FS1 и БРИ в СМ;
- диагностика распределительного блока СУБК ФГБ, блока сборных шин (БСШ-2) и блока фильтров (БФ-2) системы СЭС ФГБ;
- регламентные работы с ноутбуком ЦП в СМ;
- ресурсная замена шлангов и блока колонок блока кондиционирования воды системы СРВ-К2М и пролив блока колонок;
- обработка элементов конструкции и корпуса СМ обеззараживающим препаратом «Фунгистат»;
- наддув атмосферы МКС азотом из секции СрПК «Прогресс МС-05»;
- проведение модернизации СК «Орлан-МК» № 6.

Выполнены основные ремонтно-восстановительные работы и дооснащение РС МКС:

- замена световых блоков в светильниках СД1-7 в МИМ1;
- замена насоса Н1 панели 4СНП2 в контуре КОБ2;
- замена комплекта АСУ в СМ;
- замена блока силовой коммутации БСК-1В из состава СУБА;
- замена блока фильтров СО₂ газоанализатора ИК0501 в СМ;
- замена компрессорной установки СКВ1;
- замена электронагревателя блока предварительной осушки системы очистки атмосферы «Воздух»;
- перестыковка и переукладка кабелей между панелями СМ в целях подготовки к установке воздуховода и ПТАБ;
- замена скафандра «Орлан МК» на скафандр «Орлан МКС» № 4;
- интеграция американской беспроводной точки доступа BelAir War на СМ.

В процессе работ по связям с общественностью проводились различные ТВ-приветствия. Выполнены работы по программе символической деятельности.

Совместный полет с другими экипажами МКС

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-50/51 (рис. 4), МКС-52/53.



Рис. 4. Федор Юрчихин и Томá Пескé

С 20 апреля 2017 года по 2 июня 2017 года – совместный полет с экипажем МКС-50/51 в составе:

- Новицкий Олег Викторович (бортинженер МКС-50/51, Роскосмос, Россия);
- Томá Пескé (бортинженер МКС-50/51, ЕКА, Франция);
- Пегги Уитсон (бортинженер экспедиции МКС-50, командир экспедиции МКС-51, НАСА, США). После расстыковки ТПК «Союз МС-03» продолжила полет в качестве бортинженера МКС-52 вместе с Федором Николаевичем Юрчихиным и Джеком Фишером со 2 июня по 3 сентября 2017 года.

С 29 июля 2017 года по 3 сентября 2017 года – совместный полет с экипажем МКС-52/53 в составе:

- Рязанский Сергей Николаевич (бортинженер МКС-52/53, Роскосмос, Россия);
- Рэндолф Брезник (бортинженер экспедиции МКС-52, командир экспедиции МКС-53, НАСА, США);
- Паоло Неспולי (бортинженер МКС-52/53, ЕКА, Италия).

Внекорабельная деятельность

17 августа 2017 года был выполнен выход в открытый космос ВКД-43 из шлюзового отсека СО1 «Пирс» в скафандрах «Орлан-МКС» и «Орлан-МК». Выход совершили космонавты Ф. Юрчихин (рис. 5) и С. Рязанский. Во время проведения ВКД-43 впервые использовался скафандр новой модификации «Орлан-МКС». При подготовке к ВКД-43 проведена модернизация СК «Орлан-МК» № 6.



Рис. 5. Ф.Н. Юрчихин во время выполнения ВКД

Время открытия выходного люка стыковочного отсека (СО1) «Пирс» – 17:36:34 ДМВ, закрытия – 01:10:01 ДМВ. Продолжительность выхода составила 7 ч 33 мин.

Целевые задачи выхода:

- демонтаж адаптера механического с планшетом КЭ «Релаксация» с ВУ СО1;
- панорамные съемки для телекомпании «Russia Today»;
- запуск наноспутника «Томск-ТПУ 120»;
- запуск двух наноспутников «Танюша-ЮЗГУ»;
- запуск наноспутника ТНС-0 № 2;
- запуск тестового спутника «ТС530-Зеркало»;
- фотографирование съемной кассеты СКК № 9 СМ;
- установка планшета КЭ «Импакт» (I пл. АО СМ);
- фотографирование штанги ОНА на АО СМ;
- монтаж подкосов на МИМ2 и СМ;
- монтаж поручней-переходов МИМ2-СМ и МИМ2-ФГБ;
- установка адаптера с датчиками на МИМ2;
- проведение КЭ «Тест»:
 - взятие проб-мазков в четырех зонах на СО1 и МИМ2;
 - установка образцов на экспонирование на СО1 и МИМ2;
 - снятие полотенца, закрепленного на МИМ2;
- изменение ориентации прибора БКДО на МИМ2;
- фотографирование внешней поверхности РС МКС.

Особенности выхода:

1. Выход в открытый космос Ф.Н. Юрчихиным осуществлялся в скафандре новой модификации «Орлан-МКС».
2. В ходе выполнения ВКД-43 проводилась проверка функционирования систем скафандра «Орлан-МКС».

3. В процессе выхода на СК2 № 6 (С.Н. Рязанский) произошел отказ основного насоса с дальнейшим переходом на резервный насос.

4. ВКД-43 выполнена с превышением расчетного времени 6 ч 05 мин, продолжительность выхода составила 7 ч 33 мин.

5. В ходе проведения ВКД-43 не выполнена задача по монтажу поручня-перехода МИМ2-ФГБ из-за неправильной конструкции поручня.

По программе АС МКС за время экспедиции МКС-51/52 было выполнено два выхода в открытый космос.

Выход EVA-42 проведен 12 мая 2017 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Пегги Уитсон (командир экспедиции МКС-51) и Джек Фишер (бортинженер МКС-51/52). Время открытия выходного люка – 16:05 ДМВ, закрытия – 20:14 ДМВ. Продолжительность выхода – 4 ч 09 мин.

Выход EVA-43 осуществлен 23 мая 2017 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Пегги Уитсон (командир экспедиции МКС-51) и Джек Фишер (бортинженер МКС-51/52). Время открытия выходного люка – 14:18 ДМВ, закрытия – 17:02 ДМВ. Продолжительность выхода – 2 ч 44 мин.

Основные задачи экипажа при выполнении научной программы

Космические эксперименты в период полета БИ-1 МКС-51/КЭ МКС-52 выполнялись в соответствии с «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период пятьдесят первой и пятьдесят второй пилотируемых экспедиций МКС-51 и МКС-52».

Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса:

- КПП-21 (ТЕХ-20) «Плазменный кристалл» (этап 1б);
- ТХН-9 «Кристаллизатор» (рис. 6).

Исследование Земли и космоса:

- ИКЛ-2 «БТН-Нейтрон» (автомат);
- ГФИ-8 «Ураган»;
- ДЗЗ-17 «Напор-мини РСА» (очистка);
- ДЗЗ-18 «Дубрава»;
- КПП-22 «Экон-М».

Человек в космосе:

- МБИ-13 «Спланх» (этап 1);
- МБИ-25 «Пародонт-2»;
- МБИ-26 «Мотокард» (фото);
- МБИ-32 «Профилактика-2» (помощь);
- МБИ-33 «Биокард»;



Рис. 6. Ф.Н. Юрчихин передает укладки JAXA-PCG Д. Фишеру для размещения на АС

- МБИ-34 «Космокард»;
- МБИ-35 «Альгометрия»;
- МБИ-37 «Пилот-Т»;
- МБИ-39 «ДАН»;
- МБИ-40 «Перемещение жидкостей» – «Fluid Shifts» (помощь в РС МКС);

- МБИ-41 «Нейроиммунитет» (помощь);
- МБИ-42 «Коррекция» (помощь);
- АСР-9 «Сарколаб»;
- РБО-3 «Матрешка-Р».

Космическая биология и биотехнология:

- БИО-2 «Биориск» (пассивное экспонирование);
- БИО-16 «Электронный нос»;
- БИО-19 «Феникс» (демонтаж и перенос);
- БТХ-26 «Каскад»;
- БТХ-48 «Пробиовит» (перенос, фото);
- БТХ-49 «Фаген»;
- БТХ-42 «Структура»;
- БТХ-44 «Кальций»;
- БТХ-50 «Константа-2».

Технологии освоения космического пространства:

- ТЕХ-14 «Вектор-Т» (ВКД-43);
- ТЕХ-15 «Изгиб» (автомат);
- ТЕХ-19 «Отклик» (перезапуск аппаратуры);

- ТЕХ-22 «Идентификация»;
- ТЕХ-33 «Контроль»;
- ТЕХ-34 «Реставрация» (ВКД-43);
- ТЕХ-42 «Наноспутник» (ВКД-43);
- ТЕХ-44 «Среда МКС»;
- ТЕХ-52 «Визир»;
- ТЕХ-53 «Биополимер»;
- ТЕХ-60 «Таймер»;
- ТЕХ-58 «Выносливость» (пассивное экспонирование);
- ТЕХ-62 «Альbedo» (автомат);
- ТЕХ-68 «ИМПАКТ» (ВКД-43);
- КПП-24 «Тест» (ВКД-43).

Образование и популяризация космических исследований:

- ОБР-4 «РадиоСкаф» (ВКД-43);
- ОБР-7 «О Гагарине из космоса».

Всего 47 экспериментов, из них 5 без участия экипажа.

Новые эксперименты:

- ТЕХ-68 «ИМПАКТ».

Также были выполнены работы:

- по установке нового ТБУ-В № 5 в МИМ1, тестированию, контролю температуры в ТБУ-В в режиме +2 и +37 град.;
- по примерке АСП и трассы с коплерами в МИМ2 для двух перспективных космических экспериментов.

На выполнение российской научной программы (рис. 7) уходит в последние годы в среднем 35 % фактического рабочего времени космонавтов с учетом работ по Task List.

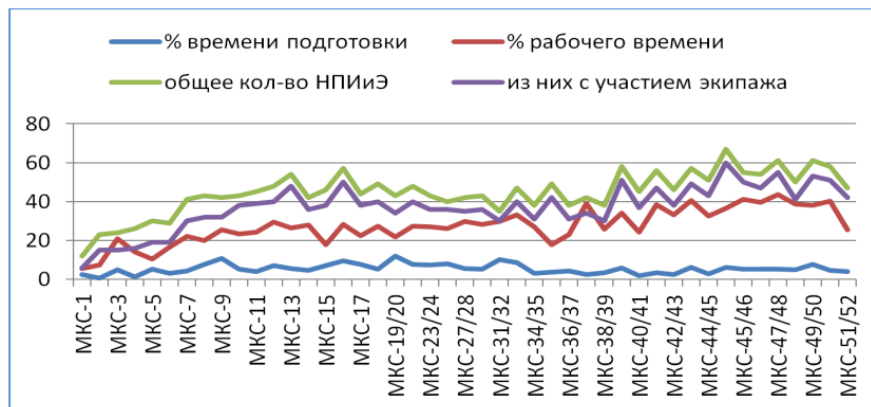


Рис. 7. Российская научная программа, выполненная в период полета МКС

Ф.Н. Юрчихин затратил на эксперименты только 25,6 % фактического рабочего времени. Такой показатель обусловлен тем, что в течение почти 2 месяцев (со 2 июня по 28 июля 2017 года) все необходимые служебные операции на российском сегменте МКС космонавт выполнял самостоятельно.

Выводы

Уровень подготовленности экипажа МКС-51/52 по транспортному кораблю «Союз МС-04» и российскому сегменту МКС позволил экипажу успешно выполнить запланированную программу космического полета и высказать много важных замечаний и предложений по ТПК.

Полет экипажа МКС-51/52 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами.

Высказанные экипажем в ходе полета и послеполетного разбора замечания и предложения целесообразно использовать заинтересованным организациям для совершенствования космической техники, повышения качества подготовки космонавтов и деятельности экипажа в ходе выполнения программы полета, организации работы персонала ГОГУ и других заинтересованных организаций.

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-51/52
(ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)****В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова,
Е.Г. Хорошева, В.В. Криволапов**

Докт. мед. наук, профессор В.В. Богомолов (ГНЦ РФ–ИМБП РАН)
Канд. мед. наук В.И. Почуев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Канд. мед. наук И.В. Алферова; ст.н.с. Е.Г. Хорошева;
ст.н.с. В.В. Криволапов (ГНЦ РФ–ИМБП РАН)

В статье представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-51/52. Дается краткая характеристика функционирования систем медицинского обеспечения полета и поддержания стабильности среды обитания космонавтов на РС МКС. Подведены итоги выполнения рекомендаций медицинских специалистов, программы медицинского контроля и использования бортовых средств профилактики нарушения состояния здоровья космонавтов в полете.

Ключевые слова: медицинское обеспечение, медицинский контроль, система профилактики, среда обитания, режим труда и отдыха.

**Medical Aspects of Securing the Flight of the ISS-51/52 Crew
Members (Express Analysis). V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev,
I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov**

The paper shows the results of medical support of the ISS-51/52 expedition and gives a brief description of operation of the medical support system and maintaining the stability of human environment aboard the ISS RS. Besides, the paper sums up results of the implementation of medical recommendations, program of medical monitoring and the use of onboard facilities meant to prevent the alteration of cosmonauts' health status in spaceflight.

Keywords: medical support, medical monitoring, preventive system, human environment, work/rest schedule.

Выполнение программы полета*Этапы полета основной экспедиции*

20.04.17 г. – выведение ТПК «Союз МС-04» № 735 – 10:13:43 ДМВ/
07:13:43 GMT.

20.04.17 г. – стыковка ТПК «Союз МС-04» № 735 к МИМ2 –
13:18:34 GMT/ 16:18:34 ДМВ.

02–03.09.17 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-04» № 735 от МИМ2 –
21:28 GMT/01:02 ДМВ. Время посадки – 04:21 ДМВ (03.09.17 г.).

Основные динамические операции

22.04.17 г. – стыковка ОА-7 «Cygnus» на надирный порт Node1 МКС
с помощью SSRMS.

02.06.17 г. – расстыковка ТПК № 733 от МИМ1 – 10:47 GMT/13:47 ДМВ.

03.06.17 г. – старт корабля SpX-11 «Dragon» – 21:08 GMT.

04.06.17 г. – расстыковка корабля Orb-7 «Cygnus» от МКС – 10:56 GMT.

05.06.17 г. – стыковка корабля SpX-11 «Dragon» на надирный порт Node2 МКС – 16:19 GMT.

14.06.17 г. – старт ТГК «Прогресс МС-06» № 436 – 12:20 ДМВ/09:20 GMT.

16.06.17 г. – стыковка ТГК «Прогресс МС» № 436 к АО – 11:37 GMT/14:37 ДМВ.

03.07.17 г. – расстыковка корабля SpX-11 «Dragon» – 06:41 GMT/09:41 ДМВ (перенесена с 02.07.17 г. в связи с погодными условиями на месте посадки).

20.07.17 г. – расстыковка ТГК «Прогресс МС-05» № 435 от СО1 – 17:44 GMT/20:46 ДМВ.

28.07.17 г. – выведение ТПК «Союз МС-05» № 736 – 18:41 ДМВ.

28.07.17 г. – стыковка ТПК «Союз МС-05» № 736 к МИМ1 – 1:54 GMT/00:54 ДМВ (29.07.17 г.).

14.08.17 г. – старт корабля SpX-12 «Dragon» ~ 16:31 GMT/19:31 ДМВ.

16.08.17 г. – стыковка SpX-12 «Dragon». Установка на надирный порт Node2 МКС с помощью манипулятора SSRMS – 14:00 GMT/17:00 ДМВ.

Внекорабельная деятельность

в СК «Орлан-МК»:

17.08.17 г. – ВКД-43 – БИ-1/КЭ, БИ-4 МКС-52. ОВЛ – 14:36 GMT; ЗВЛ – 22:10 GMT. Время пребывания в открытом космосе – 7 ч 34 мин.

в ЕМУ:

12.05.17 г. – ВКД-42 АС – КЭ МКС-51, БИ-2. Продолжительность ВКД – 4 ч 09 мин.

23.05.17 г. – ВКД-43 АС (внеплановая) – КЭ МКС-51, БИ-2. Продолжительность – 2 ч 46 мин.

Старт экипажа ТПК «Союз МС-04» № 735 в составе КК и БИ-1 состоялся 20.04.17 г. в 10:13 ДМВ. Стыковка корабля проходила по короткой 4-витковой схеме в автоматическом режиме в 16:18 ДМВ.

В сутки стыковки ТПК № 735 с МКС РТО экипажа был напряженным: время работы составило 11 часов 45 минут (в ТПК – 8 ч 10 мин и на МКС – 3 ч 35 мин), период бодрствования составил около 18 часов (рис. 1).

После стыковки и перехода на станцию КК ТПК № 735 стал БИ-1 МКС.

Прибывшему экипажу был проведен инструктаж по безопасности, БИ-1 и БИ-4 выполнили частичный перенос срочных грузов из ТПК № 735 и другие работы. После завершения плановых работ на станции экипажу предоставлен отдых с 21:30 до 06:00 GMT продолжительностью 8,5 часа.

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» с 21.04 по 04.05.17 г. рабочая зона у БИ-1 планировалась сокращенной на 1 час, а

это время (по 1 часу) планировалось на адаптацию и ознакомление со станцией.

Первые дни отдыха были запланированы на 22 и 23.04.17 г. Работы в выходные дни для БИ-1 планировались в пределах 1 часа. 23.04 БИ-1 по собственной инициативе выполнял работы и эксперименты по программе Task List, на что затратил 2,5 часа.

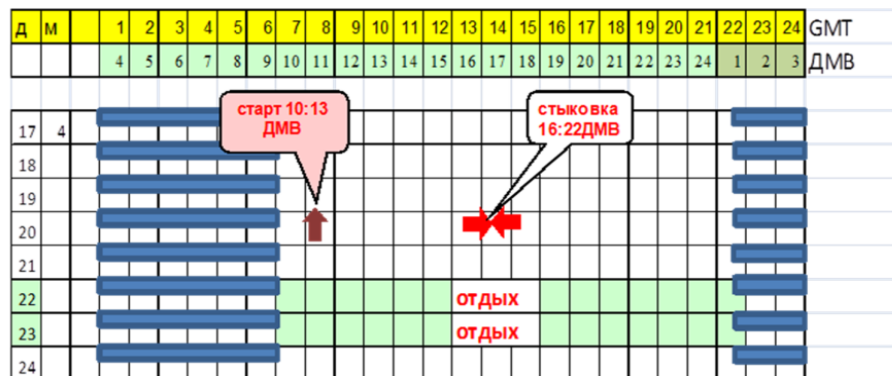


Рис. 1. РТО экипажа на старт и 4-витковую стыковку экипажа «Союз МС-04» (50S)

На 3-й неделе полета (03–09.05.17 г.) в один из дней отдыха (07.05.17 г.) для БИ-1 в срочном порядке (по согласованию с самим космонавтом) была запланирована работа по проверке работоспособности прибора ПТАБ в СМ с целью определения готовности приборов для дальнейшей эксплуатации, на что БИ-1 затратил 6 часов 10 минут.

В последующие 4 недели полета экипаж выполнял работы в штатном режиме, рабочая нагрузка у БИ-1 планировалась в пределах 6,5 часа. Кроме плановых работ, в рабочие и выходные дни космонавт инициативно занимался укладкой удаляемого оборудования в ТК № 435, выполнял другие работы и эксперименты по программе Task List, на что затрачивал не менее 2–3 часов ежедневно.

На 7-й неделе полета (31–06.06.17 г.) планировался спуск ТПК «Союз МС-03». Накануне расстыковки (01.06.17 г.) был подписан акт о передаче смены по РС от БИ-4 к БИ-1, а также проведена церемония передачи командования, в результате функции КЭ МКС были возложены на БИ-1 (БИ-1/КЭ).

В сутки расстыковки РТО экипажа был напряженным. Перед расстыковкой экипажу был предоставлен дополнительный дневной отдых продолжительностью 6 часов (с 17:10 до 23:10 GMT). Со слов космонавта, зону дневного сна использовал по назначению. Расстыковка ТПК № 733 состоялась 02.06.17 г. в 10:47 GMT. Посадка СА – в 17:10 ДМВ в заданном районе. После ухода экипажа ТПК № 733 оставшимся на станции космо-

навтам было предоставлено время для отдыха и сна с 14:30 GMT (02.06.17 г.) до 06:00 GMT (03.06.17 г.) продолжительностью 15 часов 30 минут. 03 и 04.06.17 г. планировались дни отдыха.

С 02.06.17 г. по 29.07.17 г. КЭ работал один на РС МКС.

На 9-й неделе полета (14–20.06.17 г.), а именно 16.06.17 г., была проведена стыковка ТГК № 436 с МКС. В день стыковки РТО у БИ-1/КЭ был относительно напряженным: плановое время работы составило 7 часов 15 минут и дополнительно к плану было затрачено 1 час 30 минут на выполнение по указанию с Земли работы с Laptop RSS2. Данная работа выполнялась за счет сокращения зоны presleep. На этой неделе КЭ было предоставлено для отдыха 2 полных дня (17–18.06.17 г.). 15.06.17 г. перед стыковкой ТГК № 436 работы планировались в пределах 4 часов, однако все свободное время БИ-1/КЭ по личной инициативе выполнял работу по подготовке ПрК к прибытию ТГК «Прогресс МС-06», на что затратил дополнительно к плану 4 часа 30 минут.

В дни отдыха 17 и 18.06.17 г. помимо плановых работ КЭ инициативно выполнял работы по разгрузке ТГК № 436, на что затрачивал по 3,5 часа в каждый из дней отдыха, и работы по укладке возвращаемого оборудования в ТГК № 435, на что затрачивал еще по 1 часу.

На 10-й неделе полета (21–27.06.17 г.) дополнительно к плану КЭ продолжил инициативно выполнять работы по разгрузке первоочередных и американских грузов из ТГК № 436. В дни отдыха 24 и 25.06.17 г. КЭ по собственной инициативе выполнил ряд работ: 24.06.17 г. – инвентаризация СЛГ и одежды на борту МКС, на что затратил 8 часов; 25.06.17 г. – укладка оборудования в ТГК № 435, на что затратил 3 часа 30 минут. Кроме того, на выполнение экспериментов по программе Task List КЭ затрачивал в среднем около 2 часов в каждый из дней отдыха.

На 15-й неделе полета (26.07–01.08.17 г.) РТО экипажа был напряженным:

- экипажу планировалось 5,5 рабочего дня и 1,5 дня отдыха;
- в сутки стыковки ТПК № 736 – 28.07.17 г. космонавты работали в условиях измененного РТО в связи с проведением операций по стыковке в ночное время (рис. 2).

Стыковка ТПК № 736 к МИМ1 проведена штатно в автоматическом режиме по 4-витковой схеме 29.07.17 г. в 00:54 ДМВ/21:54 GMT (28.07.17 г.).

В сутки стыковки (28.07.17 г.) подъем планировался в 08:00 GMT, продолжительность сна составила 10 часов 30 минут; в дневное время экипажу было предоставлено дополнительное время для сна и отдыха с 14:00 до 18:00 GMT продолжительностью 4 часа. РТО экипажа в этот день был напряженным в связи с выполнением сложной динамической операции по стыковке в ночное время и повышенной рабочей нагрузке до 9 часов у БИ-1/КЭ. Зона бодрствования после дневного сна у КЭ составила 13 часов.

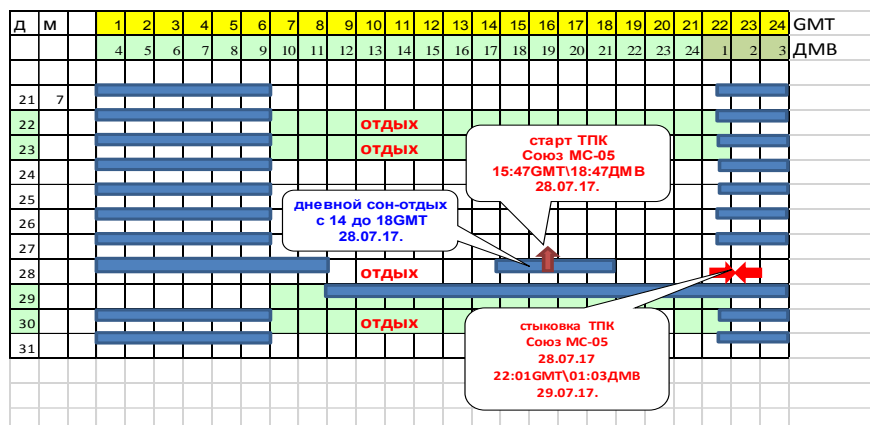


Рис. 2. График РТО экипажа МКС для обеспечения стыковки с ТПК «Союз МС-05»

После стыковки планировалось время для сна и отдыха с 07:00 GMT (29.07.17 г.) до 06:00 GMT (30.07.17 г.) продолжительностью 23 часа, а также 30.07.17 г. планировалось 0,5 дня отдыха.

В связи с временным сокращением количества членов российского экипажа на борту МКС по решению РКК «Энергия» и по согласованию с ИМБП с начала работы 52 экспедиции МКС четыре субботы (в августе) переведены в разряд рабочих дней, удалено время на ознакомление нового экипажа с МКС, удалено время на подготовку экипажа к возвращению на Землю, еженедельная уборка станции по субботам включена в рабочее время экипажа. Эти изменения предварительно были согласованы с обоими членами экипажа.

Последующие 2 недели БИ-1/КЭ совместно с прибывшим на МКС БИ-4 штатно выполняли работы по подготовке к ВКД-43, текущие работы на станции, научные эксперименты и другие работы.

Работоспособность БИ-1/КЭ сохранялась на достаточно высоком уровне. Противопоказаний в плане РТО для выполнения БИ-1/КЭ и БИ-4 операции «Выход» ВКД № 43 17.08.17 г. не отмечалось.

На 18-й неделе полета (17.08.17 г.) КЭ и БИ-4 провели операцию «Выход» (ВКД-43). Время ВКД планировалось 6 часов 05 минут, фактически оно составило 7 часов 34 минуты. Космонавты работали спокойно и уверенно. Основная программа запланированных работ выполнена. Время работы у КЭ составило 20 часов, период бодрствования – 22 часа. После ВКД космонавтам было предоставлено время для отдыха с 03:30 до 13:30 GMT 18.08.17 г. продолжительностью 10 часов.

Перед ВКД (16.08.17 г.) экипажу было предоставлено полдня отдыха, а также полдня после ВКД (18.08.17 г.). В эти дни планировались небольшие по объему работы в пределах 3–4 часов: по подготовке к ВКД (16.08.17 г.) и заключительные работы со СК (18.08.17 г.).

Дополнительно к плану БИ-1/КЭ в каждый из дней отдыха затрачивал по 1 часу на эксперименты по программе Task List.

РТО экипажа в эту неделю оценивался как напряженный и характеризовался выполнением операции «Выход» в ночное время 17.08.17 г., а также выполнением большого объема работ. В соответствии с утвержденной программой полета суббота 19.08.17 г. планировалась рабочим днем, полный день отдыха – один (20.08.17 г.), время на подготовку БИ-1/КЭ к возвращению на Землю (1 час) не выделялось.

Последующие 2 недели полета КЭ по собственной инициативе выполнял большие объемы работ дополнительно к плану и эксперименты по программе Task List, на что ежедневно, включая дни отдыха, затрачивал от 1,5 до 3 часов.

На 20-й неделе полета (01.09.17 г.) на МКС был подписан Акт о передаче смены по РС от КЭ к БИ-4, а также проведена церемония передачи командования, в результате функции БИ-5 стал выполнять КЭ МКС.

Накануне расстыковки (01.09.17 г.) отход ко сну планировался в 21:00 GMT, подъем в 10:30 GMT (02.09.17 г.), продолжительность сна составила 13,5 часа.

После завершения укладки грузов в ТПК № 735 (02.09.17 г.) экипаж перешел в транспортный корабль. ЗПЛ проведено в 18:45 GMT (02.09.17 г.). Расстыковка ТПК № 735 от МКС состоялась в 21:58 GMT (02.09.17 г.) / 00:58 ДМВ (03.09.17 г.). Посадка СА произведена в заданном районе в 01:21 GMT/ 04:21 ДМВ (03.09.17 г.). Таким образом, 136-суточный полет БИ-1/КЭ был успешно завершен.

Общее полетное время у КЭ составило 136 суток, из которых планировались 98 рабочих и 38 дней отдыха, из них 4 дня были неполными днями отдыха (отдых полдня).

Фактически, по сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, у КЭ было 3 полноценных (полных) дня отдыха, когда время работы не превышало 2 часов; 18 – неполных дней отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от 2 до 4 часов, и 17 дней у КЭ были практически рабочими днями, когда общее время работы составляло 4,5 и более часов.

За весь полет суммарная плановая продолжительность работ в дни отдыха у КЭ составила 39 часов 50 минут. Фактически в дни отдыха КЭ на выполнение работ затратил 108 часов. На работы и эксперименты по программе Task List в дни отдыха КЭ планировалось 105 часов 35 минут, фактически на эти работы КЭ затратил 56 часов 45 минут.

Плановые работы по программе Task List в рабочие дни составили 253 часа 30 минут. Фактически на их выполнение КЭ затратил 54 часа 55 минут.

По сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, на дополнительные работы (внеплановые по указанию с Земли; по Task List; по своей инициативе; увеличение времени на выполнение отдельных плановых ра-

бот и др.) КЭ затратил 258,5 часа, что равноценно 39,5 рабочим дням при плановой рабочей нагрузке 6,5 часа в день.

Во время встречи с экипажем 12.09.17 г. в ЦПК имени Ю.А. Гагарина КЭ отметил, что оценивает РТО в целом положительно.

Состояние здоровья и медицинское обеспечение членов экипажа в полете

По данным радиопереговоров самочувствие членов экипажа транспортного корабля «Союз МС-04» № 735 во время выведения и орбитального полета было хорошим.

Процесс адаптации к невесомости у БИ-1/КЭ проходил без осложнений. Во время выведения перегрузки ощущались мягко. На станции самочувствие хорошее. Со сном проблем не было. Обычная продолжительность сна составляла 6 часов. Бывали редкие дни, когда отходил ко сну поздно, но это было не системно, старался выспаться. Просыпался по будильнику в 06:00. Самочувствие БИ-1/КЭ на всех этапах полета оставалось хорошим.

После посадки ТПК «Союз МС-03» БИ-1/КЭ спал практически на протяжении всего выделенного для сна времени. Работоспособность хорошая, отмечал, что чувствуется присутствие только одного российского члена экипажа на РС МКС, так как некоторые операции, требующие на короткий момент «третьей руки», необходимо ухитряться выполнять самостоятельно.

Субъективно свою физическую форму и работоспособность БИ-1/КЭ оценивал как хорошие. Ритм работ и РТО расценивал, в основном, как штатный, однако отмечал, что ряд работ не были подготовлены должным образом ответственными исполнителями, что привело к большим временным затратам на их выполнение. Также на некоторые работы выделялось времени меньше требуемого. В таких случаях для завершения работ приходилось использовать личное время, например, время приема пищи. Изменения РТО, связанные со стыковкой ТПК «Союз МС-05», перенес хорошо.

Операция «Выход» выполнена в ночь с 17 на 18.08.17 г. на 120-е сутки КЭ и на 20-е сутки БИ-4 полета. ОВЛ состоялось в 17 часов 40 минут, ЗВЛ – в 01 час 10 минут. Общее время пребывания космонавтов в открытом космосе составило 7 часов 30 минут. Космонавты работали спокойно и уверенно. Во время выполнения работ в открытом космосе самочувствие обоих членов экипажа оставалось хорошим, жалоб не предъявляли. По мере выполнения ВКД космонавтам выдавались рекомендации по регулированию величины теплосъема и уровня физической активности. Теплоощущения обоих космонавтов находились в пределах нормы. Амплитудно-частотные характеристики ЭКГ у обоих членов экипажа находились также в пределах нормы.

У КЭ ТМИ, получаемая по каналам CO_2 , ΔCO_2 и вентиляция, обрабатывалась не корректно. В результате расчет энерготрат (ЭТ) необходимо

было производить по данным $\Delta T_{\text{КВО}}$, оценкам величины теплосъема КВО и величине теплосъема вентиляцией. Пересчет по теплосъему показал приблизительно вдвое меньшую величину ЭТ по сравнению с ЭТ, рассчитанными по данным ΔCO_2 и величине вентиляции скафандра. Эти данные отражали приемлемые значения уровня метаболизма космонавта (от 2 до 6 ккал/мин) при выполняемой им нагрузке и величине частоты сердечных сокращений (ЧСС).

По качеству работы автоматической системы терморегулирования скафандра КЭ и данным обработки МТИ, поступающей по каналам скафандра БИ-4, замечаний нет.

Начиная с 19 часов 35 минут появились и далее наблюдались, вплоть до завершения работ в открытом космосе, резко выраженные колебания кривой ЭКГ, что нередко затрудняло подсчет ЧСС и анализ ЭКГ у КЭ. Отмеченные колебания могли быть обусловлены возникновением неудовлетворительного контакта ЭКГ-электродов с телом космонавта. Для выяснения причины сделан запрос экипажа на проведение (после завершения ВКД и снятия КВО) проверки качества фиксации медицинского пояса на теле КЭ.

КЭ отметил, что во время ВКД-43 (17.08.17 г.) приходилось делать много «тонких» работ, которые требовали больших физических усилий. Подгонка скафандра была удовлетворительной. Имелись незначительные, ожидаемые потертости и гематомы в области верхней трети предплечий.

Самочувствие на протяжении всего «Выхода» было хорошим. После окончания ВКД самочувствие обоих космонавтов хорошее, жалоб не предъявляли. Система охлаждения работала эффективно, температурный режим был нормальным на протяжении всей ВКД.

КЭ сообщил, что физическое утомление мышц рук и верхнего плечевого пояса соответствовало объему задач и выполненных в процессе ВКД-43 работ. Было ощущение усталости средней степени мышц рук и верхнего плечевого пояса, какое бывает после выполнения большого объема резистивных упражнений. К 22.08.17 г. наины и потертости прошли.

Физиолого-гигиеническая характеристика среды обитания

Общее давление в СМ МКС по данным мановакуумметра колебалось в пределах 735–765 мм рт. ст. Параметры микроклимата колебались в нормальных пределах, за исключением пониженной относительной влажности (до 26 %). Жалоб на сухость воздуха от экипажа не поступало. Для оптимизации влажностного режима периодически отключалась СКВ в РС.

В связи с отсутствием на борту МКС пробоотборников ИПД-СО для ежемесячного контроля содержания углекислого газа в атмосфере РС МКС использовались результаты замеров газоанализатором SMS (проводимых группой СОЖ) – рСО не превышало ПДК (< 5 ppm). При достижении уровня Р СО₂ 3,0 мм рт. ст. (в августе 2017 г.) включались поглотительные патроны (LiOH).

Из-за неисправности газоанализатора ГЛ2106 контроль уровня СО в СМ проводился с помощью американского газоанализатора CSA-CP (Chit 014469) еженедельно. Результаты замеров в течение полета – «0». 07.07.17 г. проведен монтаж нового газоанализатора ГА ГЛ2106; после тестирования включен в работу 28.08.17 г.

Повышение температуры воздуха (не превышающее допустимые пределы, определенные Правилами полета) в основном отмечалось в периоды «солнечной» орбиты станции. Для снижения температуры воздуха в СМ СОТР переводилась в максимальный режим работы: включались в параллельную работу КОХ1 и КОХ2; РРЖ перенастраивались с 14 °С на 10 °С.

Функционировали постоянно действующие системы российского сегмента: БМП, СРВ-К2М, СКВ-1/СКВ-2, СОА «Воздух», СКО «Электрон-ВМ»; УОВ «Поток 150 МК» в СМ и ФГБ включались ежедневно на 6 часов.

Периодически проводились наддувы станции кислородом, азотом и воздухом из ТКК.

Отмечались отказы СОА «Воздух». По рекомендации специалистов экипажем проводился перезапуск системы, после чего СОА «Воздух» включалась в штатную работу.

10.05.17 г. после демаскирования датчиков пожаробнаружения в модуле ФГБ неоднократно фиксировалось ложное (по данным экипажа и заключению специалистов) срабатывание датчиков.

16.05.17 г. в 17:30 GMT зафиксировано срабатывание датчика дыма № 4 в ФГБ. По докладу экипажа запаха гари и дыма в ФГБ не обнаружено. Показания газоанализатора CSA-CP в норме. На время сна экипажа сигнализация датчика была замаскирована.

08.06.17 г. КЭ сообщил о скоплении воды за панелью № 436 СМ (подтекал разъем Б-1 шланга СРВ-К2М). Проведены РВР, неисправность устранена.

12.07.17 г. проведена замена компрессорной установки СКВ-1, после чего система включена в штатную работу.

Радиационная обстановка

За время полета РО внутри станции оставалась спокойной.

Накопленная поглощенная доза за полет у КЭ не превышала допустимые значения доз, определенных согласно Flight Rules В 14.2.2-12 и ГОСТ 25645.215-85.

Ежемесячно проводился дозиметрический контроль радиационной обстановки в РС МКС с использованием аппаратуры «Дозиметр «ПИЛЛЕ-МКС». В работе был использован комплект дозиметрических датчиков в количестве 12 ед. Все датчики находились в работоспособном состоянии.

Во время выполнения ВКД-43 17.08.17 г. проводился контроль радиационной безопасности экипажа с использованием датчиков дозиметра «ПИЛЛЕ-МКС». Значения измеренной мощности поглощенной дозы в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

Замена карты памяти дозиметра «ПИЛЛЕ-МКС» выполнена 18.08.17 г.; укладка карты 29-016 (00068850R) возвращена на ТПК № 735. Установлена карта 31-016 (00071176R).

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

На протяжении всего полета БИ-1/КЭ в основном оценивал санитарно-гигиеническую обстановку на станции как комфортную.

В соответствии с полетной документацией экипаж каждую неделю проводил плановую уборку станции.

Освещенность на РС МКС улучшилась после замены люминесцентных светильников на светодиодные.

Сохранилось большое количество пыли в запанельных пространствах.

Микробиологическая обстановка на РС МКС оставляла желать лучшего. В период совместных работ с экипажем МКС-50/51 отмечено превышение микробной загрязненности РС (включая патологические микроорганизмы). Во время еженедельной уборки станции обработка поверхностей комплектом «Фунгистат» проводилась в соответствии с рекомендациями. 06.06.17 г. КЭ выполнил санитарную обработку каюты по левому борту в соответствии с рекомендациями. 13.06.17 г. КЭ дал хорошую оценку (визуальная оценка) текущему санитарному состоянию интерьера и панелей модулей РС МКС, в особенности СМ.

За неделю до стыковки ТПК «Союз МС-05» БИ-1/КЭ провел дополнительную санитарную обработку правой каюты.

После регулярных повторных обработок поверхностей санитарными салфетками и фунгистатом микробиологическая обстановка нормализовалась. Нормализации микробной обстановки способствовала работа системы «Поток».

Акустические измерения

Исследование акустической обстановки проводилось в модулях JPM, Node2, US Lab, Node3, РММ, Cupola, ФГБ и СМ РС МКС.

Наиболее шумные модули в РС МКС – МИМ1 и МИМ2.

В СМ РС МКС отмечено повышение уровней звука как на рабочих местах, так и в каютах, что требует использования индивидуальных средств защиты от шума.

Правая каюта СМ – наиболее тихая, уровни звука в которой не превышали допустимые значения для ночного периода.

Питание и водопотребление

В сеансах радиосвязи замечаний от экипажа на всем протяжении полета не поступало.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа на всем протяжении полета у БИ-1/КЭ аппетит хороший, водопотребление в норме.

Система профилактики в полете

БИ-1/КЭ профилактическое изделие «Браслет» не использовал. С 25.04.17 г. ему планировались физические тренировки по российской программе общей продолжительностью 2,5 часа (2 раза в день или блоком) на БД-2 и ВБ-3М/ARED (с чередованием).

С 22.08.17 г. на заключительном этапе полета планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке (БД-2) с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED и ОДНТ-тренировки.

Для занятий на БД-2 использовался американский притяг Harness, замечаний по подгонке нет. ТНК-У-1М (А010) с комплектом съемных вставок находится в СО1 на временном хранении.

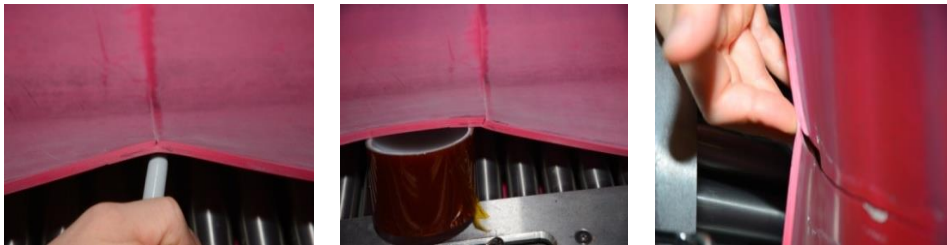


Рис. 3. Разрыв полотна бегущей дорожки БД-2

23.04.17 г. БИ-1 сделал фотографии полотна бегущей дорожки и попросил специалистов проанализировать их. Был отмечен небольшой разрыв полотна с боковой стороны (рис. 3).

20.05.17 г. с борта была получена информация, что разрыв увеличился и наблюдается отслоение полотна по поперечному шву. После проведения консультаций с изготовителем полотна и проведением наземного тестирования на базе ИМБП 13.06.17 г. был осуществлен бандаж полотна армированным скотчем с правой и левой сторон в продольном направлении. 27.07.17 г. был осуществлен повторный бандаж полотна со снятием предыдущего слоя скотча.

08.08.17 г. экипажу переданы рекомендации специалистов продолжить контроль поперечного отслоения края полотна и бокового порыва полотна тренажера БД-2, а также деструкции наклеенного на поверхность полотна скотча. Планировалось фотографирование полотна и экранной формы вкладки «Полотно». Контроль состояния полотна проводился периодически (1 раз в 2 недели) по результатам сброса фотоинформации и информации о величине натяжения полотна.

Замечания по работе БД-2 и по системе притяга приняты к проработке и отчасти будут устранены доставкой на борт новой версии программного обеспечения БД-2.

Новое полотно должно быть изготовлено в октябре 2017 года с последующей доставкой на МКС.

БИ-1/КЭ выполнял локомоторные тренировки по личному протоколу, сохраняя принцип интервальности, полностью в активном режиме работы полотна бегущей дорожки.

Согласно полученным от экипажа данным резистивные упражнения БИ-1/КЭ выполнялись в соответствии с рекомендациями.

Уровень физической тренированности БИ-4/КЭ в полете оценивался как удовлетворительный.

Выводы

Медицинское обеспечение здоровья экипажей МКС-51/52 осуществлялось в соответствии с требованиями ISS MORD, SSP 50260.

Результаты медицинского контроля свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях и достаточных функциональных резервах организма как в ходе полета, так и на завершающем его этапе.

ГМО ГОГУ контролировала планирование и реализацию медицинских операций.

Программа медицинского контроля, медицинских операций и научных медико-биологических исследований выполнена в запланированном объеме.

Психологический климат в экипаже на протяжении всего полета позитивный.

В целом полет выполнен без медицинских проблем. Замечания и предложения экипажа приняты к реализации.

Уровень предполетной подготовки экипажа был достаточным и адекватным задачам полета.

Успешному выполнению программы полета во многом способствовали опыт и профессионализм БИ-1/КЭ, приобретенные в предыдущих полетах, разумное взаимодействие и взаимопомощь российских космонавтов, работающих на станции, а также настрой на своевременное и в полном объеме выполнение профессиональных задач.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.784

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ОТКЛОНЕНИЙ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМЫ «ЭКИПАЖ–ПКА–СРЕДА» В ИНТЕРЕСАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Ю.Б. Сосюрка, В.И. Ярополов

Канд. техн. наук, доцент Ю.Б. Сосюрка; докт. техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации В.И. Ярополов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье на примере использования результатов полетов экспедиций Международной космической станции (МКС) приведена методика анализа различного рода отклонений, возникающих в процессе эксплуатации пилотируемых космических комплексов (ПКК) и показана возможность применения указанной методики в интересах разработки необходимых мер по повышению эффективности деятельности экипажей пилотируемых космических аппаратов и обеспечению безопасности космических полетов.

Ключевые слова: анализ данных полетов экипажей Международной космической станции, безопасность полетов экипажей Международной космической станции, неблагоприятные факторы полета, отклонения в функционировании системы «экипаж–ПКА–среда», эффективность деятельности экипажей Международной космической станции.

Methods of Analyzing the Deviations in the Functioning of the “Crew–MSV–Environment” System that Arise during the Operation of Manned Space Complexes in order to Increase Efficiency of Crews’ Activity and Ensure the Spaceflight Safety. Yu.B. Sosyurka, V.I. Yaropolov

The paper presents the methods of analyzing various deviations that arise in the course of operation of manned space complexes (MSCs) and shows the possibility of application of said methods for developing the necessary measures in order to improve the efficiency of crews’ activity and ensure the spaceflight safety by example of the results of missions of the ISS Expeditions.

Keywords: analysis of the results of missions of the ISS Expeditions, safety of missions of the ISS Expeditions, unfavorable factors of a space flight, devia-

tions in the functioning of the “crew–MSV–environment” system, efficiency of activity of the ISS crews.

К настоящему времени в полетах экипажей российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) выполнен большой объем работ по развертыванию, дооснащению и эксплуатации станции, выполнению программы научно-прикладных исследований и экспериментов.

Вместе с тем, результаты выполненных космических полетов свидетельствуют о том, что во время полетов экипажей на борту РС МКС как основных экспедиций (ЭО), так и экспедиций посещения (ЭП) возникают различного рода отклонения в функционировании системы «экипаж–ПКА–среда», обусловленные воздействием различных неблагоприятных факторов, связанных с отказами и неисправностями бортовых систем и наземного оборудования; ошибками разработчиков космической техники (КТ), персонала Центра управления полетами (ЦУП) и экипажа; помехами и сбоями в работе систем; нерациональной организацией работы на борту ПКА; недостатками подготовки экипажа; естественным износом и деградацией конструкционных материалов; опасностью столкновения с «космическим мусором»; воздействием микрометеоритов и др.

Последствия проявления указанных отклонений, как правило, приводят к снижению эффективности деятельности экипажей РС МКС и целевой отдачи от использования РС МКС в целом. К тому же они могут представлять потенциальную угрозу безопасности полета ее экипажей. В связи с этим актуальным является решение проблем, связанных с поиском результативных мер борьбы с указанными отклонениями и предотвращением их появления как в процессе космических полетов будущих экспедиций МКС, так и при разработке соответствующих мероприятий конструктивно-технологического характера для перспективных пилотируемых космических комплексов (ПКК) [1].

При этом большое значение имеет анализ накапливаемых и уточняемых по мере увеличения порядкового номера экспедиции МКС распределений характеристик потока отклонений по экспедициям, источникам их возникновения, составу, последствиям воздействия, способам выхода из возникших ситуаций, применяемым мерам по повышению эффективности деятельности экипажей и обеспечению безопасности их полетов.

Анализ проводится по определенной схеме, включающей:

- сбор исходных данных по отклонениям, имевшим место в полетах экспедиций на МКС;
- оценку характеристик потока отклонений (распределения их количества в течение суток полета);
- анализ распределения отклонений по источникам их возникновения, оценку динамики изменения интенсивностей потока отклонений;
- анализ состава отклонений, их последствий, способов выхода из нештатных ситуаций и мер по повышению эффективности деятельности экипажей и обеспечению безопасности их полетов;
- анализ конкретных проявлений отклонений и их повторений.

Сбор исходных данных по отклонениям, имевшим место в полетах экспедиций на МКС

Исходные данные по отклонениям выявляются и фиксируются в ходе полета, а также по результатам послеполетного анализа недостатков, замечаний и отклонений в функционировании систем, деятельности экипажей и специалистов Главной оперативной группы управления (ГОГУ) ЦУПа. Они включают: название и номер экспедиции, тип ПКА, дату возникновения отклонения, его описание, название источника отклонения, причину его возникновения, последствия, способ выхода из сложившейся ситуации, меры по предотвращению появления отклонений подобного типа.

Распределение количества отклонений, возникающих на борту МКС в течение суток полета

С точки зрения планирования и реализации суточной программы полета и понимания ситуации, в которой находится экипаж МКС, представляет интерес рассмотрение случайного процесса появления отклонений в течение суток полета по каждой из экспедиций МКС. Для описания этого процесса целесообразно использовать закон распределения вероятностей, который теоретически наилучшим образом может быть представлен законом распределения Пуассона [3]:

$$\alpha = \frac{\lambda^x \exp(-\lambda)}{x!},$$

где α – вероятность появления x отклонений в сутки полета;

x – количество возникающих отклонений в течение суток полета;

λ – параметр закона распределения Пуассона (интенсивность потока отклонений в 1/сут).

Определение параметра λ закона распределения Пуассона производится на основе использования метода наименьших квадратов [2].

Данные по количеству отклонений в сутки полета могут быть использованы для оценки степени напряженности деятельности экипажей МКС и персонала ЦУПа, а полученные значения интенсивности потока отклонений анализироваться на предмет выявления причин их изменения от полета к полету. При этом интерес представляет анализ причин появления максимально возможного количества отклонений в отдельные сутки полета.

Так, из приведенных в табл. 1 данных видно, что экипаж каждой из основных экспедиций РС МКС неоднократно попадал в критические ситуации, когда на борту станции в течение суток полета возникало достаточно большое количество (до 11) различного рода отклонений, что само по себе является фактором повышения психологической напряженности деятельности экипажа и потенциальным источником совершения космонавтами ошибок на фоне напряженной операторской деятельности.

Таблица 1

Распределение вероятностей появления определенного числа отклонений
в течение суток полета экспедиций МКС-1–МКС-43/44

Число отклонений в течение суток	Вероятность реализации по экспедициям							
	МКС-1	МКС-2	МКС-3	МКС-4	МКС-5	МКС-6	МКС-7	МКС-8
0	0,140	0,269	0,388	0,261	0,146	0,231	0,332	0,221
1	0,233	0,282	0,234	0,420	0,328	0,288	0,337	0,303
2	0,209	0,167	0,153	0,159	0,216	0,200	0,185	0,190
3	0,209	0,147	0,099	0,119	0,152	0,163	0,087	0,154
4	0,085	0,090	0,072	0,035	0,088	0,069	0,027	0,067
5	0,070	0,026	0,027	0,006	0,058	0,031	0,022	0,040
6	0,046	0,013	0,027	0,000	0,006	0,012	0,000	0,020
7	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,005
8	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000

Число отклонений в течение суток	Вероятность реализации по экспедициям							
	МКС-9	МКС-10	МКС -11	МКС-12	МКС-13	МКС-14	МКС-15	МКС-16
0	0,387	0,432	0,550	0,555	0,491	0,475	0,261	0,351
1	0,348	0,335	0,237	0,277	0,266	0,232	0,319	0,270
2	0,188	0,130	0,106	0,116	0,139	0,149	0,207	0,155
3	0,050	0,076	0,047	0,023	0,058	0,064	0,112	0,086
4	0,017	0,016	0,024	0,012	0,034	0,030	0,027	0,052
5	0,005	0,011	0,024	0,017	0,012	0,015	0,027	0,034
6	0,005	0,000	0,006	0,000	0,000	0,010	0,042	0,023
7	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,005	0,005	0,011
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,011
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,006
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000

Окончание таблицы 1

Число отклонений в течение суток	Вероятность реализации по экспедициям							
	МКС-17	МКС-18	МКС-19/20	МКС-21/22	МКС-23/24	МКС-25/26	МКС-27/28	МКС-29/30
0	0,199	0,362	0,241	0,294	0,316	0,217	0,299	0,332
1	0,252	0,295	0,303	0,306	0,290	0,234	0,326	0,332
2	0,210	0,129	0,169	0,188	0,181	0,280	0,190	0,197
3	0,145	0,117	0,103	0,106	0,109	0,137	0,092	0,063
4	0,118	0,055	0,067	0,056	0,052	0,080	0,044	0,027
5	0,022	0,018	0,061	0,019	0,026	0,023	0,027	0,031
6	0,022	0,012	0,031	0,019	0,021	0,023	0,016	0,014
7	0,011	0,000	0,010	0,012	0,000	0,006	0,000	0,000
8	0,005	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
9	0,011	0,012	0,005	0,000	0,005	0,000	0,000	0,004
10	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Число отклонений в течение суток	Вероятность реализации по экспедициям							
	МКС-31/32	МКС-33/34	МКС-35/36	МКС-37/38	МКС-39/40	МКС-41/42	МКС-43/44	МКС-45/46
0	0,326	0,283	0,215	0,268	0,258	0,315	0,358	–
1	0,236	0,294	0,221	0,246	0,274	0,321	0,267	–
2	0,250	0,206	0,199	0,235	0,167	0,169	0,193	–
3	0,104	0,111	0,188	0,131	0,134	0,092	0,125	–
4	0,063	0,061	0,072	0,060	0,086	0,087	0,028	–
5	0,014	0,039	0,044	0,049	0,038	0,005	0,023	–
6	0,007	0,006	0,033	0,011	0,022	0,000	0,000	–
7	0,000	0,000	0,017	0,000	0,016	0,000	0,000	–
8	0,000	0,000	0,011	0,000	0,005	0,000	0,000	–
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,006	–
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	–
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	–

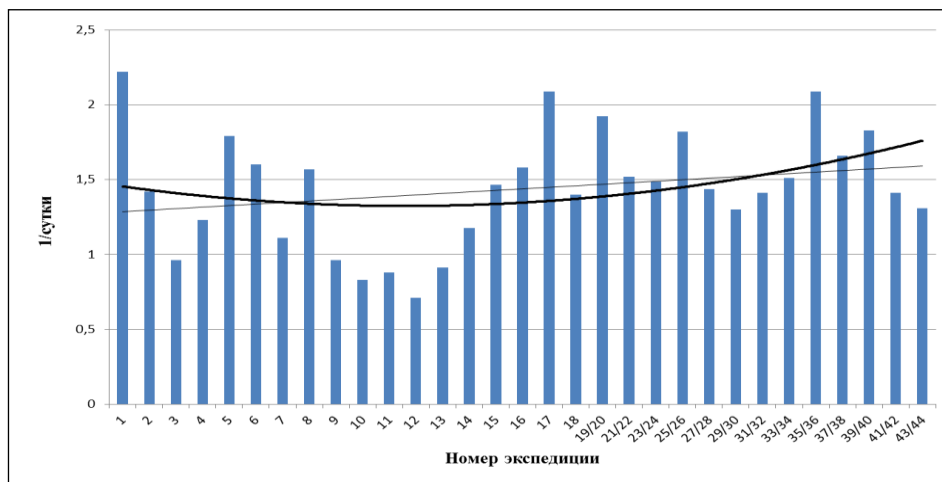


Рис. 1. Значения интенсивности потока отклонений (1/сут) в полетах основных экспедиций на РС МКС

Значения интенсивности потока отклонений (1/сут) в полетах основных экспедиций МКС представлены на рис. 1.

Линии тренда, представленные на рис. 1 полиномами 1-го и 2-го порядков, свидетельствуют о наличии тенденции возрастания интенсивности потока отклонений по мере увеличения длительности эксплуатации МКС.

Очевидно, появление резкого возрастания интенсивности отклонений с определенного момента времени или превышение установленного допустимого уровня интенсивности отклонений могут свидетельствовать о проявлении факторов «старения», выработки МКС ресурсов и нарастании других негативных тенденций, связанных с длительной эксплуатацией МКС, которые могут служить одними из объективных показателей, принимаемых во внимание при принятии решения о необходимости завершения эксплуатации МКС.

Распределение отклонений по источникам их возникновения

Для разработки и оценки эффективности мер по предупреждению отклонений, их «парированию» и, следовательно, повышению результативности деятельности экипажей и уровня их безопасности проводится анализ распределения интенсивности потока отклонений применительно к источникам их возникновения и определению долевых «вкладов» основных систем и оборудования ПКК в возникновение отклонений, рассматриваемый в динамике, от полета к полету.

В качестве отклонений рассматриваются отказы систем и оборудования, а также замечания и недостатки, в той или иной мере оказывавшие влияние на деятельность космонавтов и выполнение программы космического полета, выявленные и зафиксированные в ходе полета, а также вы-

сказанные членами экипажей и специалистами. В качестве источников отклонений рассматриваются:

1. Бортовая вычислительная система (БВС).
2. Система обеспечения жизнедеятельности (СОЖ), включая:
 - средства обеспечения газового состава (СОГС);
 - средства санитарно-гигиенического обеспечения (ССГО);
 - средства пожарообнаружения и пожаротушения (СПОПТ);
 - средства водообеспечения (СВО);
 - средства обеспечения питанием (СОП).
3. Средства медицинского обеспечения (СМО), включая:
 - бортовые технические средства медицинского контроля состояния здоровья членов экипажа;
 - бортовые технические средства профилактики неблагоприятного воздействия условий космического полета;
 - санитарно-гигиенические средства (СГС);
 - средства оказания медицинской помощи;
 - средства санитарно-эпидемиологического обеспечения.
4. Доставляемые (возвращаемые) грузы и оборудование (ГрО).
5. Система обеспечения тепловых режимов (СОТР), включая:
 - систему кондиционирования воздуха (СКВ);
 - систему вентиляции (СВ);
 - средства терморегулирования (СТР);
6. Система электропитания (СЭП), включая:
 - солнечные батареи (СБ);
 - аккумуляторные батареи (АБ);
7. Телевизионная система (ТВС).
8. Центры управления полетами (ЦУП).
9. Радиотехническая система сближения (РТСС) «Курс».
10. Фото- и видеоаппаратура.
11. Средства информационного обеспечения деятельности экипажа (СИО) (бортовая документация, радиограммы, маркировки, кодировки и др.).
12. Система учета и инвентаризации (СУИ).
13. Экипаж.
14. Система связи (ССв) (радиотехническая система управления и связи «Регул-ОС», бортовая радиотехническая система «Лира», система телефонно-телеграфной связи «Восход-М», любительская радиосвязь и др.).
15. Конструкция (люки, панели, замки, поручни, материалы, покрытия и др.).
16. Средства крепления, фиксации, укладки, хранения.
17. Средства индивидуальной защиты (СИЗ), включая:
 - скафандры;
 - электрофалы;
 - бортовую систему обеспечения жизнедеятельности космонавтов в процессе шлюзования (БСС-2М).

18. Система бортовых измерений (СБИ).
19. Система управления бортовой аппаратурой (СУБА).
20. Научная аппаратура (НА).
21. Бортовая кабельная сеть (БКС).
22. Система управления движением и навигации (СУДН).
23. Система телеоператорного контура управления (ТОРУ).
24. Каюты, рабочие зоны, зоны хранения оборудования.
25. Система внутреннего освещения (СвнО).
26. Бортовые манипуляторы (БМ).
27. Объединенная двигательная установка (ОДУ).
28. Комплекс электромеханических систем (КЭМС).
29. Система радиационного контроля (СРК).
30. Иллюминаторы.
31. Средства психологической поддержки (СПсихП).
32. Средства технического обслуживания и ремонта (СТОР).
33. Внешние факторы (радиация, космические тела искусственного происхождения, облачность).
34. Прочие.

Статистические значения интенсивности потоков отклонений по основным системам ПКК и долевого вклад (в процентах) этих систем как источников отклонений для различных экспедиций представляются в виде таблиц:

№ п/п	Экспедиция			
	Системы	МКС-1	...	МКС-N
1	СОЖ	λ_{ij}		
2	...			
3	...			
...	...			

№ п/п	Экспедиция			
	Система	МКС-1 %	...	МКС-N
1		a_{ij}		
2				
3				
...				

Для заполнения таблиц и получения соответствующих данных требуются сведения о количестве n_{ij} отклонений, возникавших в конкретной i -й экспедиции по каждому j -му источнику, а также данные о длительности T_i каждой экспедиции.

Долевой вклад a_{ij} j -го источника отклонений применительно к i -й экспедиции рассчитывается по формуле:

$$a_{ij} = n_{ij} / N_i,$$

где N_i – количество отклонений за i -ю экспедицию.

Значения интенсивности потока отклонений λ_{ij} по j -му источнику применительно к i -й экспедиции рассчитываются по формуле:

$$\lambda_{ij} = n_{ij} / T_i.$$

В качестве примера соответствующие данные приведены в табл. 2, 3 применительно к первым восьми основным экспедициям: МКС-1–МКС-8.

Таблица 2

Статистические значения интенсивности (1/сутки) потока отклонений по основным источникам отклонений для различных экспедиций РС МКС

№ п/п	Экспедиция Системы	МКС-1	МКС-2	МКС-3	МКС-4	МКС-5	МКС-6	МКС-7	МКС-8
		1	БВС	0,34	0,192	0,14	0,072	0,13	0,18
2	СОЖ	0,326	0,287	0,426	0,215	0,432	0,261	0,11	0,5
3	СМО	0,525	0,09	0,155	0,062	0,114	0,087	0,086	0,15
4	ГрО	0,092	0,048	0,047	–	–	–	0,049	0,092
5	СОТР	0,227	0,18	0,217	0,082	0,141	0,18	0,097	0,138
6	СЭП	0,1	0,066	0,039	0,108	0,049	0,075	0,043	0,031
7	ЦУП	0,418	0,21	0,333	0,118	0,168	0,205	0,23	0,323
8	СИО	0,149	0,096	0,1	–	0,07	0,031	0,043	0,185
9	СУИ	0,071	0,03	0,008	0,015	0,016	0,006	0,027	0,031
10	Экипаж	0,106	0,06	0,132	0,056	0,092	0,075	0,076	0,072
11	ССв	0,362	0,21	0,109	0,056	0,216	0,1	0,173	0,072
12	Конструкция	0,092	0,084	0,078	0,026	0,065	0,087	0,032	0,087
13	Средства крепления, фиксации, укладки	0,064	0,042	0,1	0,031	0,092	0,037	0,043	0,087
14	СИЗ	0,014	0,036	0,016	0,062	0,038	0,012	0,032	0,015
15	СБИ	0,035	0,054	0,008	0,015	0,016	0,05	0,032	0,015
16	СУБА	0,057	0,018	0,07	0,015	0,065	0,03	0,032	0,01
17	НА	0,064	0,048	0,078	0,16	0,22	0,17	0,15	0,118
18	СУДН	0,028	0,078	0,039	0,056	0,07	0,037	0,07	0,062
19	СвнО	0,021	0,024	0,039	0,01	–	–	0,005	0,026
20	БМ	–	0,072	–	0,026	0,027	0,025	0,005	–
21	Фото-видео	0,043	0,054	0,039	0,021	0,038	0,031	0,022	0,021

Полученные значения долевого вклада источников отклонений для различных экспедиций МКС анализируются на предмет выявления тех из них, которые вносят наиболее весомый вклад в появление отклонений на борту МКС.

Расчет средних значений интенсивности потока отклонений по системам в расчете на одну экспедицию МКС позволяют выявить наиболее «проблемные» системы и оборудование станции за весь анализируемый период времени (пример показан на рис. 2).

Таблица 3

Долевой вклад (в процентах) источников отклонений
для различных экспедиций МКС

№ п/п	Экспедиция	МКС-1	МКС-2	МКС-3	МКС-4	МКС-5	МКС-6	МКС-7	МКС-8
	Система								
1	БВС	10	8,7	5,6	5,4	5,9	10,2	8,3	4,6
2	СОЖ	9,6	13,1	17,1	16,1	19,8	14,7	6,7	21,2
3	СМО	15,5	4,1	6,2	4,6	5,2	4,9	5,3	6,3
4	ГрО	2,7	2,2	1,7	–	–	–	3,0	3,9
5	СОТР	6,7	8,2	8,7	6,1	6,4	10,2	6,0	5,9
6	СЭП	2,9	3,0	1,6	8,0	2,2	4,2	2,7	1,3
7	ТВС	0,6	0,8	2,2	–	–	–	2,0	0,4
8	ЦУП	12,3	9,6	13,4	8,8	7,7	11,6	14,0	13,8
9	РТСС «Курс»	1	1,6	0,6	0,4	0,5	0,3	–	–
10	Фото-видео	1,3	1,6	0,9	1,5	1,7	1,8	1,3	2,4
11	СИО	4,4	4,4	4,0	–	3,2	1,8	2,7	7,8
12	СУИ	2,1	1,4	0,3	1,1	0,7	0,3	1,7	1,3
13	Экипаж	3,1	2,7	5,3	4,2	4,2	4,2	4,7	3,1
14	ССв	10,7	9,6	4,4	4,2	9,9	5,6	10,7	3,1
15	Конструкция	2,7	3,8	3,1	1,9	3,0	4,9	2,0	3,7
16	Средства крепления, фиксации, укладки	1,9	2,2	4,0	2,3	4,2	2,1	2,7	3,7
17	СИЗ	0,4	1,6	0,6	4,6	1,7	0,7	2,0	0,7
18	СБИ	1	2,5	0,3	1,1	0,7	2,8	2,0	0,7
19	СУБА	1,7	0,8	2,8	1,1	3,0	1,8	2,0	0,4
20	НА	1,9	2,2	3,1	11,9	10,1	9,5	9,3	5,0
21	БКС	0,6	0,3	–	–	–	–	1,0	0,7
22	СУДН	0,8	3,5	1,6	4,2	3,2	2,1	4,3	2,6
23	ТОРУ	0,2	0,3	–	0,4	0,5	–	–	0,2
24	СвнО	0,6	1,1	1,6	0,8	–	–	0,3	1,1
25	БМ	–	3,3	–	1,9	1,2	1,4	0,3	–
26	ОДУ	–	0,8	0,3	0,4	1,0	1,0	0,7	0,7
27	КЭМС	0,2	0,5	0,6	0,8	0,2	–	0,3	0,2
28	СРК	0,2	0,3	–	0,8	0,2	–	–	0,2
29	Иллюминаторы	0,8	1,6	0,6	1,9	0,5	1,0	0,3	2,0
30	СПсихП	–	1,1	–	0,8	–	–	–	0,2
31	СТОР	0,6	1,2	2,2	–	0,2	0,35	1,3	0,9
32	Внешние факторы	–	–	–	1,9	0,2	–	2,0	1,5
33	Прочие	3,5	1,9	4,5	2,8	2,1	2,3	0,4	0,4

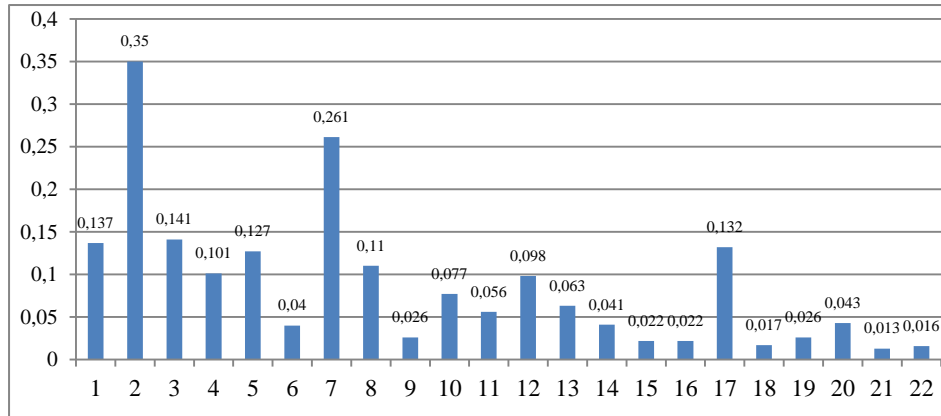


Рис. 2. Средние значения интенсивности потока отклонений (1/сутки) по основным системам в расчете на одну экспедицию МКС (данные по экспедициям МКС-1 – МКС-43/44)

(1 – БВС; 2 – СОЖ; 3 – СМО; 4 – ГрО; 5 – СОТР; 6 – СЭП; 7 – ЦУП; 8 – СИО; 9 – СУИ; 10 – Экипаж; 11 – ССв; 12 – Конструкция; 13 – Средства крепления, фиксации, укладки; 14 – СИЗ; 15 – СБИ; 16 – СУБА; 17 – НА; 18 – СУДН; 19 – СВНО; 20 – Фото-видео 21 – БКС; 22 – СТОР)

Анализ распределения вкладов основных систем РС МКС в возникновение отклонений во время полета экипажей различных экспедиций МКС показал, что среди анализируемых источников отклонений наиболее весомый «вклад» в их появление на борту МКС вносит СОЖ, являющаяся одной из самых сложных систем МКС.

Следует также отметить сохранение относительно высокой доли замечаний по работе ЦУПа (выдача нечетких рекомендаций экипажу, отсутствие должного учета находящегося на борту РС МКС оборудования, неоптимальная организация деятельности на борту членов экипажа, подготовка и отправка на борт некачественных радиограмм), а также отклонений по БВС, СМО, НА, СОТР.

Анализ динамики изменений интенсивностей потока отклонений из различных источников может быть основан на построении диаграмм их распределения применительно к анализируемым экспедициям и аппроксимаций указанных диаграмм соответствующими линиями трендов [2]. Для выявления существующих тенденций в качестве наиболее информативных могут быть использованы аппроксимации в виде полиномиальных линий трендов 1-го и 2-го порядков. При этом линейные линии тренда позволяют выявить общую преобладающую тенденцию («чашу весов») анализируемых процессов на всей выборке данных (по всем экспедициям МКС), а также скорость нарастания или уменьшения преобладающей тенденции. Использование же полиномов 2-го порядка позволяет провести более тонкий анализ динамики анализируемых процессов и выявить нали-

чие и продолжительность восходящих и нисходящих тенденций и зон «переломов» между ними.

Такой анализ, проведенный путем обработки данных по результатам полетов экспедиций МКС, позволил выявить следующие особенности, присущие ряду систем.

1. Наличие устойчивой тенденции возрастания среднего значения интенсивности потока отклонений за весь анализируемый период эксплуатации МКС (характерный пример представлен на рис. 3).

Такая закономерность, иллюстрируемая аппроксимациями (линиями трендов) с использованием полиномов как 1-го, так и 2-го порядков, в целом может свидетельствовать только об ухудшении со временем эксплуатационно-технических характеристик определенных систем, начиная с момента начала эксплуатации МКС, и присуща для конструкции, грузов и оборудования, СвНО, СИЗ, средств крепления и фиксации, СТОР.



Рис. 3. Статистические значения интенсивности потока отклонений по конструкции

2. Наличие общей тенденции возрастания среднего значения интенсивности потока отклонений за весь анализируемый период эксплуатации МКС и динамики перехода от сохранявшейся ранее тенденции уменьшения среднего значения интенсивности потока отклонений к его последующему увеличению (характерный пример представлен на рис. 4).

Данная особенность иллюстрируется соответствующими трендами в виде полиномов 1-го и 2-го порядков и может свидетельствовать о следующем:

а) более интенсивном нарастании или накоплении с некоторого момента эксплуатации МКС негативных процессов, обуславливающих возникновение новых отклонений, по сравнению с интенсивностью предпринимаемых мер по их предупреждению (устранению причин и предпосылок к возникновению);

б) непринятии превентивных мер и, как следствие, возникновении тенденции к постепенному снижению уровня эксплуатационно-технических характеристик систем и оборудования;

в) возможном проявлении неустранимых или неизвестных причин возникновения отклонений, требующих детального анализа и принятия соответствующих мер, направленных на их устранение.



Рис. 4. Статистические значения интенсивности потока отклонений по НА

К числу систем, которым свойственны указанные тенденции, относятся: НА, ЦУП, БВС, СМО, СОЖ, фото- видеоаппаратура.

3. Наличие общей тенденции снижения среднего значения интенсивности потока отклонений за весь анализируемый период эксплуатации МКС и динамики перехода от сохранявшейся ранее тенденции уменьшения среднего значения интенсивности потока отклонений к его последующему постепенному увеличению (характерный пример представлен на рис. 5).

Данная особенность иллюстрируется соответствующими трендами в виде полиномов 1-го и 2-го порядков и может свидетельствовать о результативности в целом принимаемых мер по предупреждению возможных отклонений. Вместе с тем, аппроксимация полиномом 2-го порядка также может свидетельствовать о следующем:

а) постепенном нарастании (накоплении с некоторого момента эксплуатации МКС) интенсивности негативных процессов, обуславливающих возникновение новых отклонений по сравнению с интенсивностью принимаемых мер по их предупреждению;

б) непринятии или отказе от применения превентивных мер, которые раньше успешно применялись, что приводит к нарастанию тенденции постепенного снижения уровня эксплуатационно-технических характеристик систем и оборудования;



Рис. 5. Статистические значения интенсивности потока отклонений по СОТР

в) возможном постепенном появлении новых причин возникновения отклонений, требующих детального анализа и принятия соответствующих мер, направленных на их устранение.

К числу систем, которым свойственны указанные тенденции, относятся: СЭП, СОТР, ССв, СБИ.

4. Наличие общей тенденции снижения среднего значения интенсивности потока отклонений за весь анализируемый период эксплуатации МКС и динамики перехода от сохранявшейся ранее тенденции увеличения среднего значения интенсивности потока отклонений к его последующему уменьшению (характерный пример представлен на рис. 6).

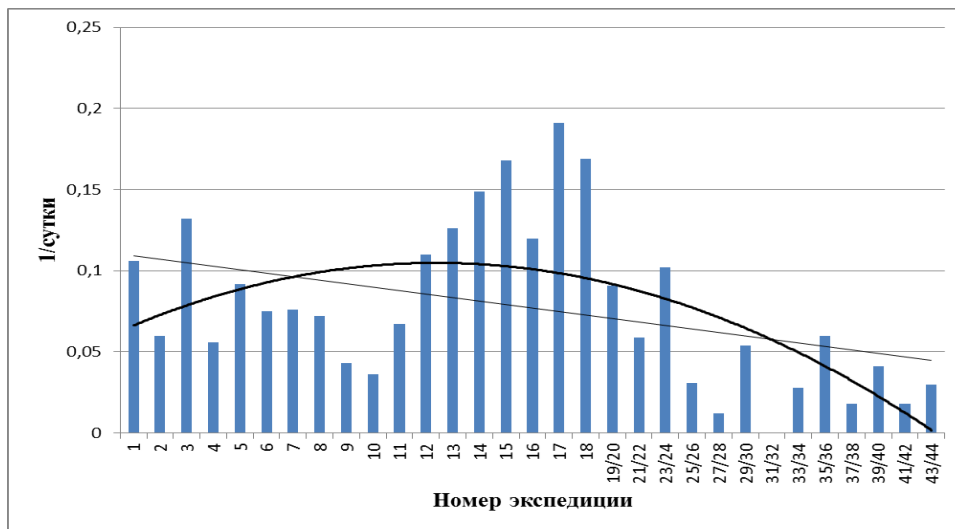


Рис. 6. Статистические значения интенсивности потока отклонений по экипажу

Данная особенность, иллюстрируемая соответствующими трендами в виде полиномов 1-го и 2-го порядков, характерна для экипажа и может в целом свидетельствовать о существенной результативности принимаемых мер по повышению уровня подготовленности космонавтов (снижение интенсивности ошибочной деятельности и замечаний к экипажу).

5. Наличие общей тенденции возрастания среднего значения интенсивности потока отклонений за весь анализируемый период эксплуатации МКС и динамики перехода от сохранявшейся ранее тенденции увеличения среднего значения интенсивности потока отклонений к его последующему постепенному снижению (характерный пример представлен на рис. 7).

Данная особенность, иллюстрируемая соответствующими трендами в виде полиномов 1-го и 2-го порядков, характерна для СИО. Она может свидетельствовать о проявлении с некоторого момента времени результативности принимаемых мер по повышению эффективности использования средств информационного обеспечения.

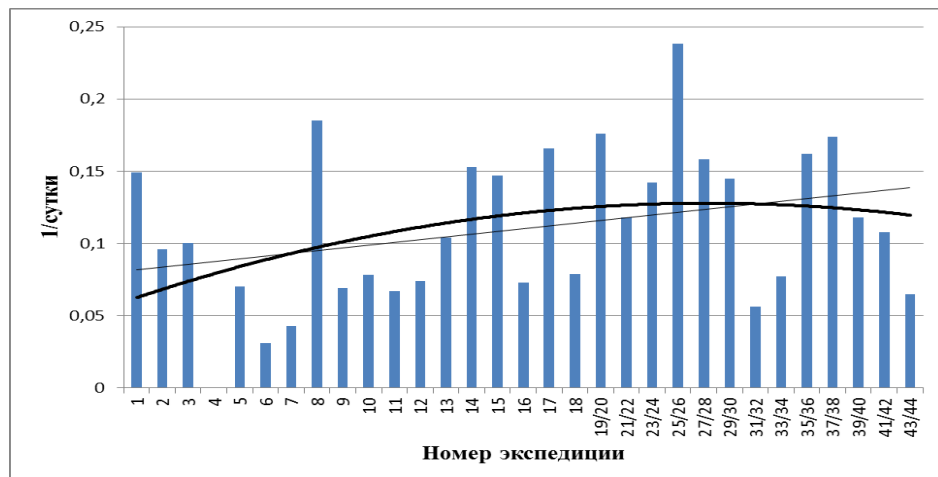


Рис. 7. Статистические значения интенсивности потока отклонений по СИО

Анализ видов отклонений, их последствий, способов выхода из них и мер по повышению эффективности деятельности экипажей и обеспечению безопасности их полетов

Виды отклонений

При анализе результатов полетов экипажей ПКА следует учитывать доленое распределение видов отклонений, оказывающих влияние на их состояние и деятельность, а также на обеспечение безопасности их полета. Такими типовыми их видами являются:

- отказ (неисправность) бортового оборудования;
- ошибки разработки (создания);

- нерациональное планирование полета персоналом управления полетом ЦУПа;
- нерациональная организация работы персонала управления полетом ЦУПа;
- ошибки экипажа;
- ошибки персонала управления полетом ЦУПа;
- непредвиденные обстоятельства (вмешательство Минсвязи в работу каналов связи наземного командно-измерительного комплекса (НКИК), влияние землетрясений и погодных условий на работу наземных измерительных пунктов (НИП) и поисково-спасательной службы (ПСС), пропадание и скачки напряжения в линиях электроснабжения НКИК, вспышки на Солнце, корпускулярное излучение Солнца, возгорание травяного покрова на месте приземления СА ТК и т.п.);
- помехи (плохое качество связи);
- недостатки подготовки экипажа и послеполетных мероприятий;
- ошибки персонала, осуществляющего подготовку КА к полету;
- нерациональная организация работы персонала, осуществляющего подготовку КА к полету;
- отказ (неисправность) средств НКИК;
- нерациональная организация работы экипажа;
- неосторожность экипажа;
- естественный износ оборудования;
- опасность столкновения с «космическим мусором»;
- отсутствие условий для наблюдения (съемки) объектов на Земле;
- ошибки медицинского отбора космонавтов;
- воздействие микрометеоритов;
- нерациональная организация работы ПСС;
- длительность полета;
- наличие «языкового барьера»;
- деградация материалов;
- ошибка персонала ПСС;
- моральное устаревание оборудования.

Практический интерес с точки зрения оценивания различных факторов, оказывающих влияние на эффективность деятельности экипажей и обеспечение безопасности космических полетов, представляет анализ динамики долевого вклада каждого из указанных видов отклонений (на рис. 8, 9 показаны характерные примеры такого анализа для экипажей с первой по сорок четвертую основную экспедицию МКС).

Последствиями воздействия рассмотренных выше видов отклонений на деятельность экипажей ПКА, как показывает опыт полетов экипажей МКС, являются:

- создание неудобств и трудностей для экипажа;
- срыв операции;

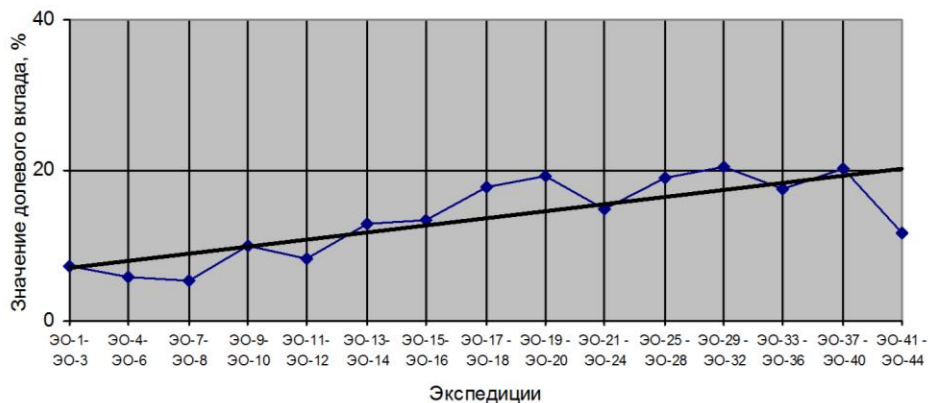


Рис. 8. Динамика долевого вклада нерациональной организации работы персонала управления полетом ЦУПа (в %)

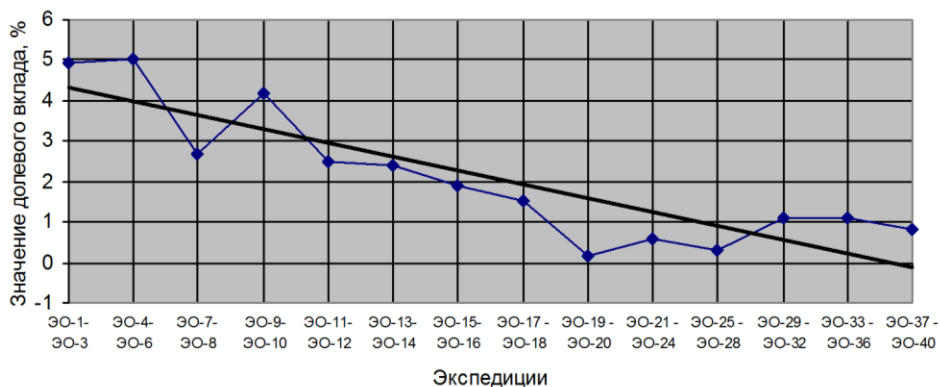


Рис. 9. Динамика долевого вклада ошибок экипажа (в %)

- создание предпосылок для срыва полетных операций или программы полета;
- нарушение состояния, условий жизнедеятельности космонавтов, их травмирование;
- нарушение условий обеспечения безопасности полета;
- потеря информации;
- наложение ограничений на технологию (изменение технологии) выполнения работ;
- создание предпосылок для ошибок экипажа;
- переход оборудования в неработоспособное состояние;
- нарушение режима труда и отдыха экипажа;

- создание предпосылок для повреждения (выхода из строя) оборудования;
- появление у космонавтов дефицита времени;
- создание неудобств и трудностей в работе персонала ЦУПа;
- повышенное потребление расходных средств;
- загромождение станции;
- создание помех экипажу;
- переход оборудования в непригодное к использованию состояние;
- создание предпосылок для утери оборудования;
- утеря оборудования (на борту станции, в открытом космическом пространстве, на месте посадки и т.п.).

При этом практический интерес представляет анализ динамики долевого вклада последствий каждого из указанных видов отклонений (на рис. 10, 11 показаны характерные примеры такого анализа для экипажей с первой по сорок четвертую основную экспедицию МКС).

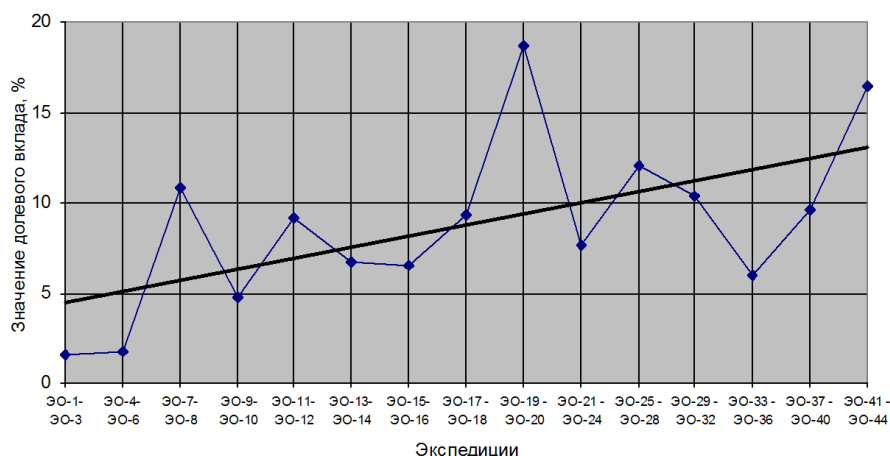


Рис. 10. Динамика долевого вклада появления у космонавтов дефицита времени как последствия влияния неблагоприятных факторов на деятельность экипажей (в %)

Способы выхода из сложившихся ситуаций

Как показал анализ, для выхода из сложившихся ситуаций, вызванных отклонениями в функционировании ПКК, могут использоваться различные способы, типовыми из которых являются:

- замена оборудования (программного обеспечения);
- изменение технологии выполнения работы (операции);
- повторение операции;
- получение консультаций с Земли;
- временное прекращение работы с оборудованием;

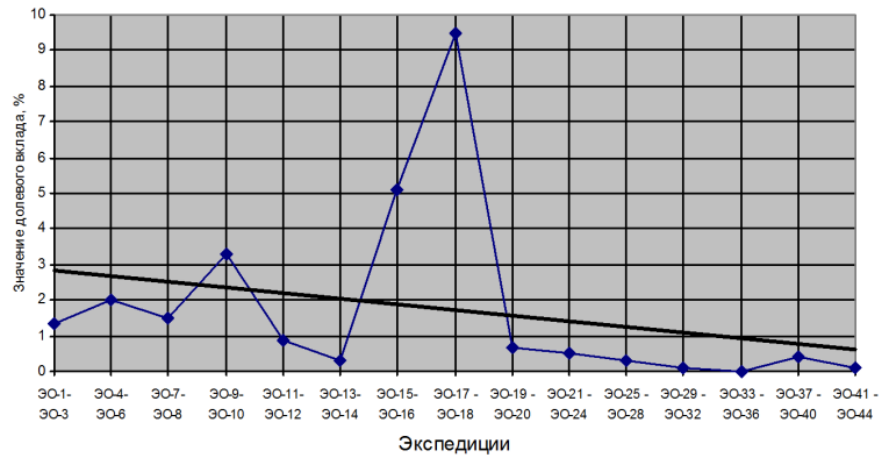


Рис. 11. Динамика долевого вклада нарушений режима труда и отдыха экипажа (в %)

- ремонт бортового оборудования (восстановление программного обеспечения);
 - приведение оборудования в исходное состояние;
 - использование аналогичного оборудования (аналогичных средств);
 - использование альтернативного способа выполнения операции;
 - переход на резерв;
 - выключение и повторное включение оборудования;
 - перевод системы в другой режим работы;
 - выполнение пропущенной операции;
 - доведение выполнения операции до конца;
 - заказ на доставку оборудования (программного обеспечения, бортовой документации, расходных материалов) с Земли;
 - техническое обслуживание системы (внеплановое);
 - удаление посторонних предметов из оборудования;
 - доработка системы собственными силами;
 - приложение дополнительных усилий или объединение усилий членов экипажа;
 - действия по собственному усмотрению экипажа;
 - изменение размещения оборудования;
 - изменение пределов допустимых значений параметров;
 - чистка покрытий (поверхностей);
 - изменение ориентации станции;
 - введение блокировки;
 - отказ от дальнейшего использования оборудования;
 - переход в режим ручного управления;

- повторение выдачи команды;
- изменение орбиты станции;
- оказание медицинской помощи экипажу;
- переход в режим автономного использования оборудования;
- использование элемента из другой системы;
- изоляция оборудования (отсека, модуля);
- удаление оборудования с борта станции;
- выключение оборудования;
- эвакуация экипажа из отсека (модуля).

При этом интерес представляет анализ динамики долевого вклада указанных способов выхода из указанных ситуаций (на рис. 12, 13 показаны характерные примеры такого анализа для экипажей с первой по сорок четвертую основную экспедицию МКС).

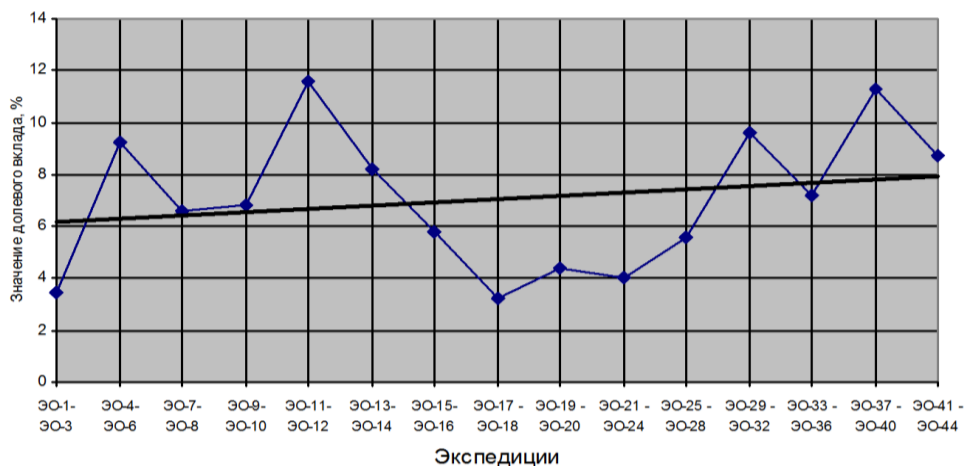


Рис. 12. Динамика долевого вклада замены оборудования и программного обеспечения (в %)

Опыт эксплуатации МКС указывает на то, что эффективная деятельность экипажей и безопасность их полетов обеспечиваются путем реализации широкого комплекса мер по предупреждению появления отклонений в будущем, таких как:

- совершенствование бортового и наземного оборудования и средств, материалов и покрытий, программного обеспечения, технологий;
- совершенствование организации работы персонала ЦУПа;
- совершенствование процедур планирования полета персоналом ЦУПа;
- совершенствование организации работы экипажа;
- изменение методик выполнения экипажем полетных операций;

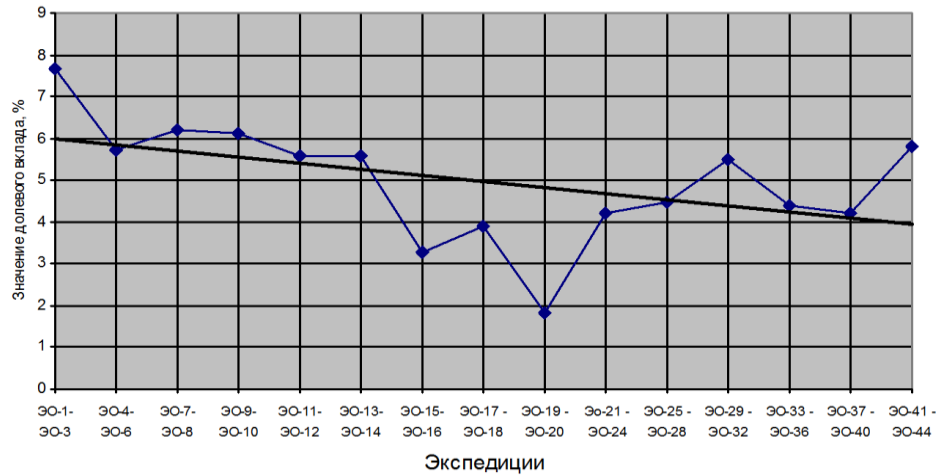


Рис. 13. Динамика долевого вклада ремонта оборудования или восстановления программного обеспечения экипажей (в %)

- совершенствование программы и организации подготовки космонавтов и их послеполетной деятельности;
- совершенствование конструкции и компоновки станции;
- совершенствование бортовой документации;
- совершенствование организации работы персонала, осуществляющего подготовку космического аппарата к запуску;
- доставка на станцию оборудования, программного обеспечения, расходных материалов, бортовой документации;
- изменение состава бортового оборудования и программного обеспечения;
- доставка оборудования на Землю для анализа причин возникновения отклонений;
- удаление ненужного оборудования с борта станции;
- совершенствование медицинского отбора космонавтов;
- проведение дополнительных исследований в целях решения возникающих в полете проблем;
- совершенствование процедур отработки космической техники, программного обеспечения и бортовой документации;

При этом интерес представляет анализ динамики изменения долевого вклада применяемых мер (на рис. 14, 15 показаны характерные примеры такого анализа для экипажей с первой по сорок четвертую основную экспедицию МКС).

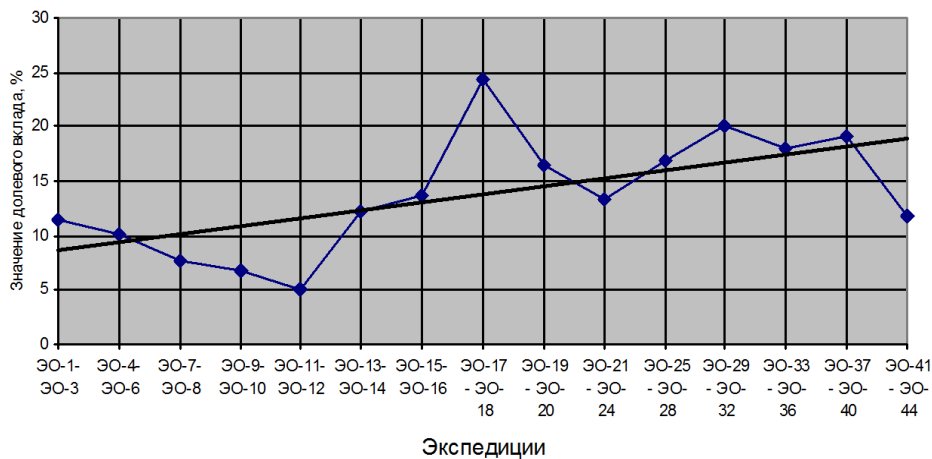


Рис. 14. Динамика долевого вклада необходимости совершенствования организации работы персонала ЦУПа (в %)



Рис. 15. Динамика долевого вклада необходимости доставки на станцию оборудования, программного обеспечения, расходных материалов, бортовой документации экипажей (в %)

Анализ конкретных проявлений отклонений и их повторений

При появлении отклонений в космическом полете экипаж и персонал управления полетом принимают оперативные решения с целью выхода из создавшейся ситуации. Эти меры направлены, прежде всего, на обеспечение безопасности экипажа и предотвращение негативного влияния отклонений на выполнение программы полета. Однако такие меры не всегда предотвращают появление подобных ситуаций в будущем.

Наличие повторяющихся отклонений по отдельным системам ПКК при полетах экипажей могут свидетельствовать о том, что указанные системы не были достаточно хорошо отработаны до начала полета ПКА, а в ходе полета процесс их отработки либо не идет вообще, либо идет недостаточно активно.

Анализ числа типов появляющихся отклонений в полетах основных экспедиций экипажей МКС показал, что если в полетах первых трех основных экспедиций имело место 450 типов отклонений, то в полетах МКС-41/42– МКС-43/44 упало до 211 (рис. 16). Снизилось также количество типов повторяющихся отклонений от 120 до 40 (рис. 17).

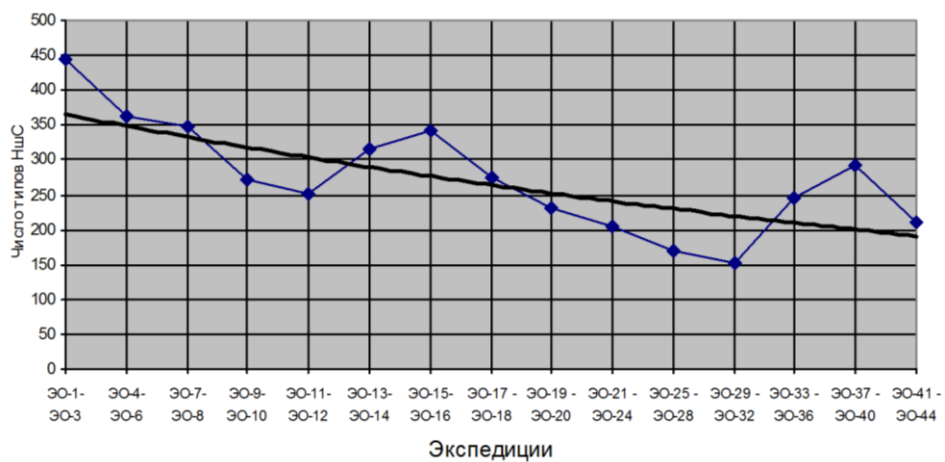


Рис. 16. Динамика числа типов отклонений, имевших место в полетах экипажей МКС

В целом же общая тенденция снижения числа и количества типов повторяющихся отклонений может свидетельствовать об успешности отработки бортовых систем и оборудования МКС, а также о совершенствовании деятельности экипажа и персонала наземных служб.

Таким образом, предложенная методика анализа отклонений в функционировании системы «экипаж–ПКА–среда» может быть использована для оценки эффективности процесса эксплуатации ПКК по следующим направлениям проводимых работ:

- работа разработчиков и изготовителей по повышению надежности и совершенствованию эргономических и эксплуатационно-технических характеристик ПКК и их систем;
- работа персонала ЦУПа по совершенствованию управления полетом, планирования полета и организации деятельности экипажей;
- работа персонала Центра подготовки космонавтов по совершенствованию подготовки космонавтов и технических средств для их подготовки;

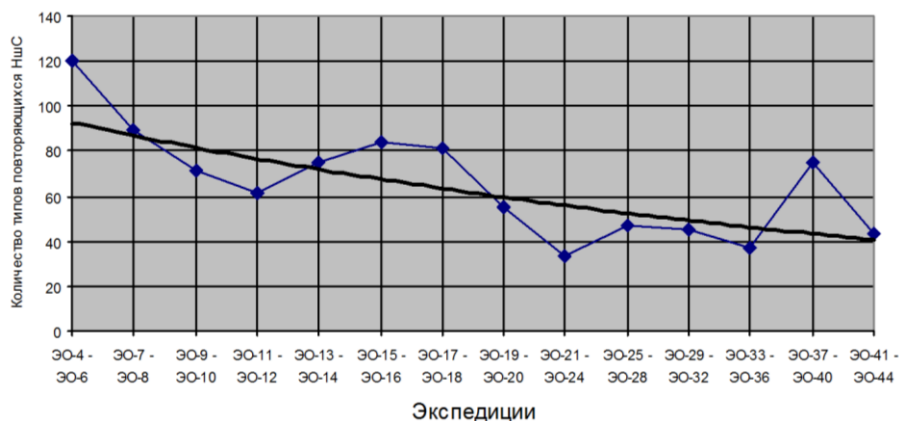


Рис. 17. Количество типов повторяющихся отклонений, имевших место в полетах экипажей МКС, относительно числа типов отклонений предыдущих экспедиций

- работа постановщиков экспериментов, разработчиков и изготовителей научной аппаратуры по повышению ее надежности, совершенствованию научного оборудования, методик работы с ним и порядка информационного обеспечения исследований и экспериментов;
- работа по совершенствованию бортовой документации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анализ отклонений, имевших место в полетах экспедиций МКС, и его использование в интересах повышения эффективности деятельности и обеспечения безопасности полетов экипажей / Сосюрка Ю.Б., Ярополов В.И. // Материалы 52-х научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – 2017. – С. 364–366.
- [2] Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Издание второе, перераб. и доп. – М.: Госиздательство физ.-мат. литературы, 1962. – 564 с.
- [3] Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: Наука, 1969. – 512 с.

REFERENCES

- [1] Analysis of deviations that occurred during the missions of the ISS expeditions, and its use for improving the efficiency of operations and ensuring the safety of crews' flights / Sosyurka Yu.B., Yarpolov V.I. // Proceedings of the 52th Scientific readings in memory of K.E. Tsiolkovsky. – 2017. – pp. 364–366.
- [2] Ventzel E.S. Probability theory. The second edition revised and added. – M.: State Publishing House of Physical and Mathematical Sciences and Literature, 1962. – P. 564.
- [3] Smirnov N.V., Dunin-Barkovsky I.V. Probability theory and mathematical statistics for technical applications. – M: Science, 1969. – P. 512.

УДК 159.9.018.5, 159.072

**ОПЕРАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ
К НАЗЕМНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ
ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТИЛЯ
ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ИНТЕРЕСАХ ОТБОРА КОСМОНАВТОВ**

Я.С. Боритко, В.И. Гушин, Ю.А. Бубеев

Ст.н.с. Я.С. Боритко; докт. мед. наук В.И. Гушин;
докт. мед. наук, профессор Ю.А. Бубеев
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН)

Рассматриваются вопросы наземного моделирования космических экспедиций в интересах воспроизведения таких специфических особенностей обитания в замкнутом гермообъеме, как ограниченность ресурсов и высокая социальная ответственность на фоне ограниченной моральной и эмоциональной поддержки со стороны привычного социального окружения. Организация совместной деятельности космонавтов в составе экипажа создает благоприятные условия для выявления устойчивых лично-стильно обусловленных индивидуальных стилей выполнения операторских задач, а также их психофизиологических коррелятов применительно к отбору претендентов в длительную экспедицию. Принимается гипотеза исследования о том, что создание вызывающих «чрезмерные или превышающие ресурсы человека» условий требует мобилизации ресурсов их преодоления, что находит выражение в копинг-стратегиях участников совместной деятельности в составе экипажа. По результатам исследований получены оценки индивидуального стиля деятельности человека-оператора как отражение свойственных ему копинг-стратегий. Описаны индивидуальные стили работы операторов применительно к моделям профессиональной деятельности космонавтов (ручное управление стыковкой ТПК «Союз ТМА»; управление транспортным средством на поверхности Марса). Показана устойчивость индивидуальных стилевых особенностей деятельности в процессе решения операторских задач различного типа. Установлена взаимосвязь индивидуальных стилей выполнения профессиональных задач с типами адаптации (копинг-стратегиями) к экстремальным условиям жизнедеятельности.

Ключевые слова: автономная миссия, ресурсы, стиль исполнения, копинг-стратегии.

**Operational Approaches to the Ground-Based Simulation
of the Long-Term Space Missions in Order to Study Individual
Performance Style for the Sake of Cosmonaut Selection.**

Ya.S. Boritko, V.I. Gushin, Yu.A. Bubeev

Issues of ground-based simulation of space missions in order to model such specific features of environment inside the pressurized chamber as limited resources and high social responsibility in the absence of moral and emotional

support of habitual social environment are discussed. Simulation of the in-crew fulfillment of performance tests and professional tasks provides good opportunities to investigate personal performance and behavior styles for the sake of elaboration of selection criteria for the extended autonomous missions. The study is based on the hypothesis that the extreme and stressful conditions require mobilization of human internal psycho-physiological resources, expressed in the stress-coping strategies of the crewmembers. The study allowed evaluating individual performances styles as a reflection of personal coping strategies. The individual styles of operators to perform various types of professional activities (manual docking of the “Soyuz TMA” transport spacecraft; driving a rover on the surface of Mars) are described. The stability of operators' personal styles in performing tasks was demonstrated. Correlation between performance styles and personal types of adaptation (coping strategies) to the extreme spaceflight conditions was detected.

Keywords: autonomous mission, resources, performance style, coping strategies.

Ресурсный подход, широко распространенный при комплексном рассмотрении проблемы поведения и деятельности в экстремальных условиях, подразумевает исследование трех основных типов ресурсов: ресурсы организма и личности (копинги и стили), ресурсы системы (инструментальные) и ресурсы социальной среды, в которой выполняется деятельность (в первую очередь, имеется в виду моральная поддержка индивида). Длительный орбитальный полет характеризуется сочетанием хронического дефицита редко пополняемых инструментальных ресурсов и социальной поддержки, поскольку космонавт оторван от привычной социальной среды и получает лишь дозированную психологическую поддержку от группы медицинского обеспечения полета. Таким образом, формируются стрессующие условия, которые составляют угрозу для ресурсов организма и личности космонавта.

Многочисленные исследования показали, что переживание острых и хронических неблагоприятных функциональных состояний (ФС) в ходе выполнения операторской деятельности в условиях дефицита ресурсов системы и социальной среды: недостатка времени, повышенной ответственности, неблагоприятных условий внешней среды (изоляция, монотония, сенсорная депривация) приводит к ухудшению таких ее объективных характеристик, как надежность, быстрдействие, качество работы [1, 2].

В этой связи изучение копинг-стратегий и индивидуальных стилей деятельности операторов требует дальнейших систематических исследований. Актуальность их изучения обусловлена прогностической значимостью для раннего выявления нарушений работоспособности членов экипажа под влиянием факторов длительного космического полета, а также интерес подбора экипажей для длительных экспедиций.

Исследования копинг-стратегий и соответствующих им личностно обусловленных индивидуальных устойчивых стилей выполнения операторских задач при наземном моделировании

В условиях замкнутой гермосреды выполнены эксперименты, в ходе которых решались следующие задачи:

1. Разработка виртуальной модели профессиональной деятельности – управления транспортным средством (марсоходом) на поверхности другой планеты – и системы оценки профессиональной деятельности на основе использования известных алгоритмов контроля качества и надежности в задаче по стыковке ПКА «Пилот».

2. Сравнительный анализ выполнения операторами задач по управлению динамическими объектами: ручное управление стыковкой ТПК «Союз ТМА», управление транспортным средством на поверхности Марса, компенсаторное слежение в пространственно инвертированной среде («Зеркальный координограф»).

3. Описание основных копинг-стратегий, используемых операторами при дефиците инструментальной и социальной поддержки в условиях моделируемого межпланетного полета.

4. Изучение индивидуальных стилей операторской деятельности применительно к задачам ручного управления стыковкой ТПК «Союз ТМА», управления транспортным средством на поверхности Марса и компенсаторного слежения в пространственно-инвертированной среде.

5. Изучение связи личностных психологических (мотивация, тревога) и психофизиологических (индивидуальная стресс-устойчивость, способность к произвольной саморегуляции, уровень психофизиологического напряжения) ресурсов и копинг-стратегий, реализуемых в условиях дефицита инструментальной и социальной поддержки при моделировании межпланетного полета.

Материалы и методы исследования

1. Модельные эксперименты «Марс-500» и «Светильник»

«Марс-500» – реализованный в 2010–2011 годах в ГНЦ РФ–ИМБП РАН проект по моделированию медико-биологических аспектов автономного пилотируемого полета к Марсу. Участие в эксперименте принял международный экипаж из 6 человек в возрасте от 25 до 40 лет: 3 россиянина, 2 представителя Европейского космического агентства (ЕКА) – итальянец и француз, а также представитель Китайского космического агентства. В ходе эксперимента воспроизводились ключевые особенности межпланетной экспедиции: рекордная длительность (520 суток), сенсорная депривация и монотония в условиях гермообъема, высокая степень автономности (ограничение количества имеющихся у экипажа ресурсов и отсутствие допоставок) и измененные условия коммуникации с Землей (задержка свя-

зи). Помимо этого, «Марс-500» стал первым экспериментом, в котором проводилось моделирование сценария операций на поверхности другой планеты. «Высадка» на Марс, являющаяся идеологической целью межпланетного полета, стала ключевым этапом, публичным и ответственным как для экипажа, так и для группы управления экспериментом.

«Светильник» – серия из трех экспериментов с двухнедельной изоляцией (2014–2015 гг.), в которых приняли участие по два экипажа из 4–6 человек в возрасте от 25 до 40 лет. В ходе изоляции воспроизводились ключевые особенности орбитальной экспедиции, в том числе отличающие ее от межпланетной: меньшая длительность изоляции, возможность оперативного выхода на связь. Автономные условия существования также моделировались путем ограничения количества имеющихся у экипажа ресурсов (питания, расходных материалов, запчастей и пр.).

2. Методики изучения операторской деятельности

В целях моделирования перспективной профессиональной деятельности космонавта в ходе межпланетной экспедиции был разработан аппаратно-программный комплекс для отработки «десантной части марсианской экспедиции» – VIRTU. Методика моделирует выполнение деятельности по управлению транспортным средством в автономных условиях с ограниченным запасом ресурсов системы (поверхность Марса, кратер Гусева) и представляет собой задачу с ярко множественными вариантами достижения поставленных целей. Разработанный комплекс позволяет проводить оценку успешности выполнения поисково-исследовательских задач межпланетной экспедиции и качества операторской деятельности, включающую показатели эффективности и стабильности использования ресурсов марсианского ровера.

Второй моделью профессиональной операторской деятельности космонавта была воспроизводимая бортовая задача «Пилот-1», имитирующая ручное управление стыковкой ТПК «Союз ТМА» с космической станцией [3]. Данная методика позволяет провести оценку качества выполнения обследуемыми классической задачи, стоящей перед экипажами в орбитальном полете, и включающей показатели точности регулирования параметров относительного движения кораблей, контактирования стыковочных узлов, времени выполнения процесса управления и расхода топлива, а также стабильности указанных параметров.

Помимо изучения выполнения сложных операторских задач мы анализировали результаты выполнения тестовой деятельности – задачи по компенсаторному слежению в пространственно-инвертированной среде «Зеркальный координограф» [4].

Методика представляет собой имитацию сложно организованной деятельности, вызывающей у оператора в ходе ее выполнения перцептивно-моторный конфликт. Анализ показателей скорости работы и числа ошибок позволяет проследить проявления стилевых особенностей при выполнении более простых задач, нежели профессиональные операторские задачи.

3. Исследования индивидуально-психологических особенностей

Классические *мотивационные тесты* А.А. Реана и А. Мехрабиана использовались для выявления у участников эксперимента мотивации на успех или боязни неудачи, а также для оценки степени их выраженности. Для более глубокого изучения мотивационных аспектов, в частности, восприятия проблемной ситуации в плане тревоги, применялся 8-цветовой вариант *метода цветowych выборов* в интерпретации Л.Н. Собчик [4] (табл. 1).

Таблица 1

Объем и дизайн исследований

	Марс-500			Светильник		
	Фон	Изоляция	Последствие	Фон	Изоляция	Последствие
Число обследуемых	6			10		
Тест Реана			1			1
Тест Мехрабиана			1			1
Тест Люшера	1	35		1	5	1
VIRTU		12 (5)		2	1	
Пилот-1	10	8	3			
Зеркальный координограф			1			

4. Психологические основы формирования копинг-стратегий

Одной из приоритетных в плане методологии отбора рассматривалась задача выделения психологических основ формирования стратегий преодоления стрессовых условий – жизненной позиции, восприятия проблемной ситуации на основе доминирующей мотивации. Исследование вышеуказанных значимых для формирования копинг-стратегий психологических свойств личности проводилось посредством мотивационных тестов А.А. Реана и А. Мехрабиана (жизненная позиция и доминирующая мотивация), а также метода цветowych выборов в интерпретации Л.Н. Собчик (восприятие проблемной ситуации в плане тревоги) [4]. Проведенные исследования позволили выделить среди обследуемых две группы операторов, различающиеся используемыми копинг-стратегиями адаптации к указанным стрессовым условиям.

К 1-й группе были отнесены обследуемые с преобладанием доминирующей мотивации «избегания неудач». Д. Мак-Клелланд (1953) в работе [5] отмечает, что для личностей с этим типом мотивации характерен высокий уровень защиты: страх перед несчастными случаями, ошибками и т.д.

Также в работе [6] И.В. Вайнер (1972) указывает, что личности такого типа предпочитают задачи с известными заранее условиями и количественно выраженными параметрами оценки результатов труда, контроль которых зависит исключительно от них. Малейшее отклонение от задан-

ных условий или изменение параметров выполняемой задачи воспринимается как ошибка и личная вина, поэтому избегание ошибок повышает субъективное ощущение безопасности.

Во 2-ю группу обследуемых были включены операторы с доминированием мотивации «достижения успеха». Как показал Д. Мак-Клелланд [5], личности с данным типом мотивации стремятся к решению необычных сложных, сопряженных с определенным риском задач, позволяющих улучшать свои результаты в ходе выполнения работ (достигать поставленных целей более эффективно, чем прежде) и предоставляющих возможности для соревнования. Успех в достижении самостоятельно поставленных целей приводит к реализации данной потребности и получению удовлетворения достигнутым.

Для анализа отношения к проблемной ситуации изучалась, в частности, личностная и ситуативная тревожность – внешние проявления ее оценки и отнесения к требующим особого реагирования стимулам.

Обследуемые 1-й группы, ввиду переоценки уровня потенциальной опасности условий эксперимента, значимости и сложности поставленных задач, а также стремления к идеальному результату, отличались более высоким уровнем общей тревожности.

Обследуемые 2-й группы характеризовались склонностью к недооценке уровня потенциальных условий эксперимента, значимости и сложности поставленных задач, что обусловило более низкий уровень общей тревожности.

Стилевые проявления копинг-стратегий при выполнении профессиональной деятельности (основная гипотеза исследования)

При выполнении профессиональных задач копинг-стратегии проявляются в виде индивидуальных стилей деятельности, стратегий достижения поставленных перед оператором целей. Мы предполагали наличие корреляций между психологическими свойствами выделенных групп и используемыми стилями выполнения различных операторских задач. Следует особо отметить, что, как показывает практика, сложные, максимально близкие к реальным профессиональные задачи типа «Пилот-1» и VIRTU вызывают у космонавтов высокий уровень мотивации, желания выполнить задачу как можно лучше.

Проведенный анализ результатов выполнения операторских методик применительно к выделенным группам с различными доминирующими типами мотивации выявил ряд стиливых особенностей выполнения деятельности. Для обследуемых с доминированием мотивации «избегания неудач» было характерно стремление контролировать (удерживать в пределах допусков с помощью управляющих манипуляций) максимум регулируемых параметров, что требовало значительных затрат ресурсов системы: топлива и времени при выполнении операторских задач. Прило-

женные ими усилия позволяли стабильно добиваться достаточно высоких заданных показателей деятельности от сессии к сессии за счет высоких затрат невосполнимых в автономной экспедиции ресурсов (рис. 1). Данный стиль деятельности был условно назван нами «консервативно-сторожевым» и проявлялся как в задаче по стыковке транспортного корабля с космической станцией, так и в задаче по управлению транспортным средством на поверхности планеты.

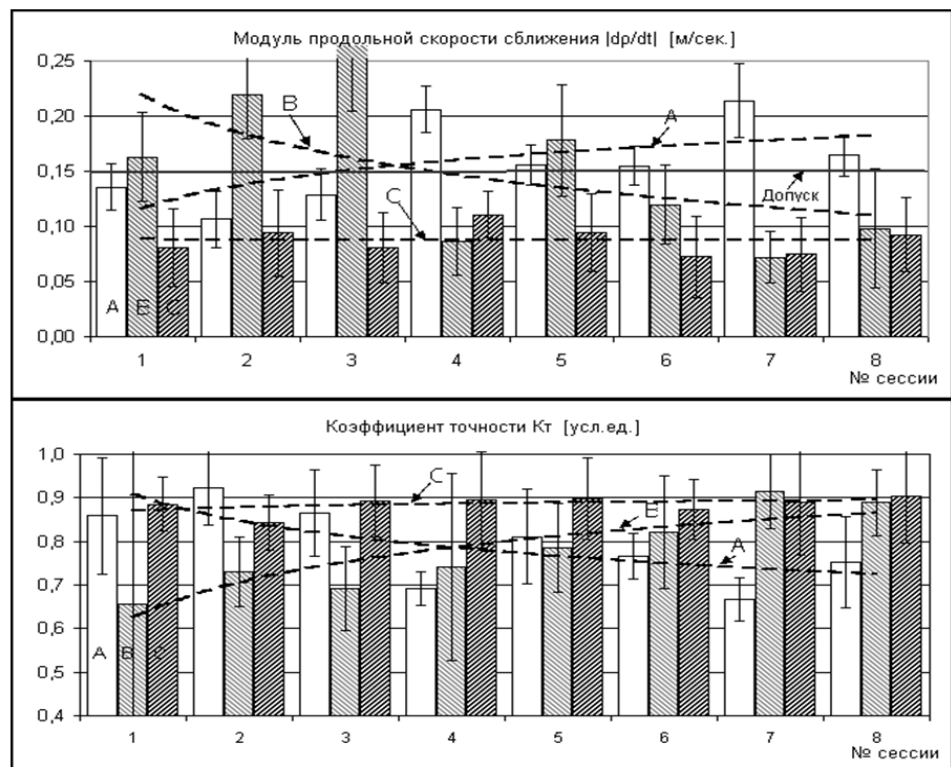


Рис. 1. Динамика точности реализации режимов ручного управления и продольной скорости сближения на этапе причаливания методики «Пилот-1».

(А, С – обследуемые с «консервативно-сторожевым» стилем;
В – обследуемый с «поисково-исследовательским» стилем)

В свою очередь, операторы с доминированием мотивации «достижения успеха» продемонстрировали меньшую стабильность результатов деятельности. На протяжении эксперимента у них наблюдались как сессии с тщательным контролем параметров задачи «Пилот-1» и, как результат, высоким расходом топлива, так и неэффективные сессии, в ходе которых обследуемые стремились быстро выполнить методику, допуская при этом выход контролируемых параметров за установленные границы (но тратя

малое количество ресурсов). В задаче VIRTU эта тенденция проявлялась сходно: колебанием контроля удельного расхода топлива (от высокого к низкому) и предпочтительным выбором более быстрого, но рискованного, чреватого ошибками варианта решения (рис. 2). Следует упомянуть, что в отличие от первой группы операторов, эти обследуемые при работе с методикой VIRTU, имеющей множественные варианты выполнения, проявляли выраженную активность по поиску новых, более оптимальных и ресурсосберегающих путей решения задач. В результате, несмотря на, в целом, схожую успешность результатов управления объектами, обследуемые второй группы продемонстрировали более низкую их стабильность на фоне меньших затрат ресурсов системы (топлива и времени). Стиль деятельности данной группы был условно назван нами «поисково-исследовательским».

Для подтверждения гипотезы о том, что индивидуальный стиль деятельности устойчиво и изоморфно проявляется в задачах различного типа и уровня сложности, помимо моделей профессиональной операторской деятельности, использовалась задача по компенсаторному слежению в пространственно-инвертированной среде – «Зеркальный координограф». Эта методика, в отличие от двух предыдущих, часто вызывает у операторов негативную мотивацию ввиду простоты постановки задачи, откровенно тестового характера, монотонности, а также индуцируемого с помощью перцептивно-моторного конфликта (инвертированное управление объектом) стресса. Она лишена субъективной привлекательности и профессиональной значимости, характерной для двух вышеописанных задач. Помимо этого, ее использование было обусловлено возможностью оценки индивидуальной стресс-устойчивости за счет параллельной регистрации ЭКС.

При выполнении теста по компенсаторному слежению в пространственно-инвертированной среде («Зеркальный координограф») были обнаружены аналогичные выявленным в операторских методиках «Пилот-1» и VIRTU стилевые особенности. Обследуемые с «консервативно-сторожевым» стилем деятельности продемонстрировали в ходе тестирования, как и в профессиональных задачах, достаточно стабильный высокий результат (и в тренировочных, и в зачетной попытке). Результаты обследуемых с «поисково-исследовательским» стилем были менее стабильны и зависели от значимости попытки: зачетная сессия выполнялась обеими группами на близком уровне результатов (табл. 2). Схожие стилевые тенденции при выполнении обследуемыми задач различного типа (профессиональных и тестовых) и уровня сложности свидетельствуют о глубинной личностной природе индивидуального стиля деятельности оператора, устойчиво и изоморфно отражающегося во всех видах выполняемых им задач.

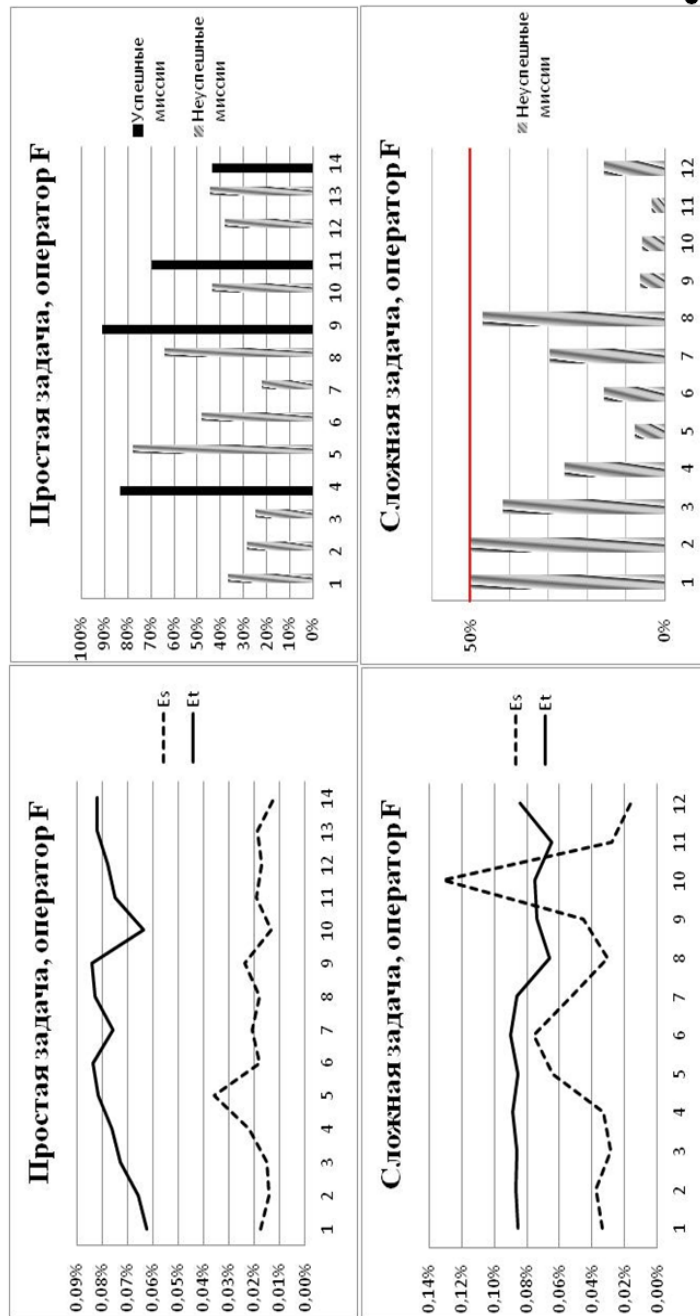


Рис. 2. Показатели удельного расхода топлива и затраченной энергии (VIRTU)

Таблица 2

Показатели деятельности и изменение ЭКС

		Число ошибок				Среднее время, сек	ΔЭКС, %
		1 попытка	2 попытка	3 попытка	Среднее		
«Консервативно-сторожевой»	F	17	19	2	12	92	22
	C	13	10	11	11	27	72
	A	2	1	4	2	50	52
	D	3	1	0	1	39	45
«Поисково-исследовательский»	B	58	31	6	32	72	25
	E	2	3	0	2	45	20

Копинг-стратегии операторов

Опираясь на предположение о том, что копинг-стратегии преодоления стресса, определяемые психологическими (направленность мотивации, восприятие проблемной ситуации, тревога) и психофизиологическими (уровень психофизиологического напряжения) особенностями человека-оператора, проявляются в виде индивидуального стиля деятельности, мы атрибутировали выделенные у обследуемых операторские стили описанным Лазарусом и Фолкманом копинг-стратегиям, используемым для избавления от психофизиологической напряженности в стрессовых условиях. При их экспериментальном выделении мы исходили из положения Тимошенко и Леоненко о том, что формирование копинг-стратегий должно основываться на присущей человеку жизненной позиции, направленности мотивации, проявляться в индивидуальном стиле поведения и деятельности и сопровождаться типичным паттерном мобилизации психофизиологических резервов при преодолении проблемной ситуации.

«Консервативно-сторожевой» стиль операторов с доминирующей мотивацией «избегания неудач», характеризующийся постоянными высоким уровнем мобилизационной готовности, повышенным уровнем тревожного ожидания и большими затратами психофизиологических ресурсов самого оператора и ресурсов управляемой системы (топливо, время) для достижения стабильных качества и надежности выполнения задач, является проявлением копинг-стратегий «самоконтроль» и «принятие ответственности». У операторов, использующих данный стресс-копинг, выполнение задач производится в соответствии с ранее выработанными алгоритмами, тщательно контролируются регламентируемые параметры, условия и результат деятельности, а любое отклонение от установленных стандартов считается неудачей и вызывает чувство вины (табл. 3).

Таблица 3

Особенности индивидуальных стилей деятельности

	«Самоконтроль» «Принятие ответственности» («консервативно-сторожевой» ИСД)	«Планирование» «Позитивная переоценка» («поисково- исследовательский» ИСД)
Доминирующая мотивация	«Избегание неудач»	«Достижение успеха»
Критерии успеха	Внешние	Самостоятельно сформированные
Алгоритм работы	Ранее выработанный	Поиск новых приемов, способов решений
Мобилизация, уровень активации ЦНС	Постоянный высокий уровень	Смена процессов напряжения и расслабления
Качество и надежность деятельности	Стабильное	Менее стабильное при работе с субъективно незначимыми задачами
Затраты психофизиологических ресурсов	Постоянно высокие	В зависимости от значимости задачи
Преимущества	Высокая надежность деятельности в регламентированных условиях	Оперативные решения в нештатных ситуациях, экономия ресурсов системы
Недостатки	Большие затраты психофизиологических ресурсов	Периодическая потеря контроля над параметрами задачи

«Поисково-исследовательский» стиль операторов с преобладанием доминирующей мотивации «достижения успеха», отличающийся периодической сменой процессов напряжения и расслабления, а также менее устойчивыми качеством и надежностью деятельности с меньшими затратами психофизиологических резервов оператора и ресурсов управляемой системы, является отражением копинг-стратегий «планирование» и «позитивная переоценка». Наибольшая мобилизация психофизиологических резервов происходит при выполнении задач, определенных как значимые самим человеком. Выполнение задач сопровождается поиском новых вариантов и условий их решения, отвечающих самостоятельно сформированным критериям успеха. Процесс поиска новых приемов и способов решения приводит к частичной периодической потере контроля над параметрами задачи и результатом деятельности.

Копинг-стратегии применительно к отбору в космическую экспедицию

Поставленные перед современной космонавтикой задачи по освоению Луны и других планет требуют исследований безопасности пилотируемых космических полетов в новых условиях деятельности космических экипажей. Новые миссии будут отличаться от орбитальных рядом особенностей, такими, как: большая длительность и полная автономность с невозможностью «допоставок» жизненно важных ресурсов и преждевременного завершения экспедиции по медицинским показаниям, резко ограниченная поддержка с Земли ввиду длительной задержки связи. Таким образом, специфика автономного полета к другой планете, принципиально отличающего его от орбитальных полетов, – в отсутствии возможности возобновления, дооснащения ресурсов – как личностных, так и средовых [1, 7, 8].

Иными словами, потеря работоспособности, невозможность выполнения обязанностей даже одного члена небольшого межпланетного экипажа, обладающего необходимыми для выполнения задач навыками, – ставит под угрозу выполнение всей программы экспедиции. Точно также поломка механизмов, недостаточное количество топлива (энергии), информации – аналогично может привести к безвозвратной потере возможности выполнения ключевых операций экспедиции. Кроме того, в ходе новых миссий при освоении Луны и планет появляется значительный объем поисково-исследовательской активности, которую невозможно заранее запланировать, регламентировать и стандартизировать. Возможно возникновение непредсказуемых ситуаций, требующих самостоятельной постановки задач и поиска новых нестандартных способов их решения. Поэтому выделение копинг-стратегий, наиболее эффективных в новых условиях экспедиций, а также отбор операторов, которым присущи соответствующие стили поведения и деятельности, являются одной из приоритетных задач космической медицины и психологии.

Копинг-стратегии «принятие ответственности» и «самоконтроль» способны обеспечить высокую надежность деятельности, что делает их более выгодными в условиях необходимости длительной стабильной работы в соответствии со строго регламентированной программой. В то же время использование данных копинг-стратегий сопровождается значительными затратами ресурсов системы и человека, что может приводить к значительному риску как исчерпания запасов экспедиции, так и развития чрезмерного нервно-психического напряжения и срыва адаптации. Риск может повышаться в характерных для космических экспедиций ситуациях – при планировании наземными службами деятельности экипажа не всегда полностью учитываются требуемые на выполнение поставленных задач затраты (дефицит времени, нерациональная последовательность операций и т.д.). В итоге для операторов данной группы важна возможность допоставок и досрочного прекращения полета по медицинским показаниям. Таким образом, копинг-стратегии «принятие ответственности»

и «самоконтроль» более эффективны для обеспечения высокой надежности при выполнении стандартизированной строго регламентированной деятельности в орбитальных экспедициях и более безопасны благодаря возможности оперативного возвращения на Землю.

Копинг-стратегии «планирование» и «позитивная переоценка» эффективнее при работе в нерегламентированных и нестандартных ситуациях, поскольку обеспечивают успешное принятие нестандартных решений, оперативную мобилизацию и высокую надежность деятельности в критические моменты. Ресурсосберегающие стратегии особенно актуальны в условиях высокой автономности и невозможности допоставок или досрочного прекращения полета. Важным является склонность операторов данного типа к самостоятельной постановке задач, гибкому и быстрому реагированию на меняющиеся условия. То есть, копинг-стратегии «планирование» и «позитивная переоценка» более предпочтительны в условиях межпланетных экспедиций с высокой автономностью, значительной долей поисково-исследовательских задач и высоким риском возникновения нестандартных ситуаций.

Выводы

1. Используемые человеком-оператором копинг-стратегии преодоления стрессовых условий определяют уровень затрат индивидуальных психофизиологических резервов организма и инструментальных ресурсов управляемой им системы.

2. Копинг-стратегии преодоления стрессовых условий, обусловленные психологическими (мотивация, тревога) и психофизиологическими (уровня психофизиологического напряжения) особенностями человека-оператора, устойчиво и изоморфно отражаются в его индивидуальном стиле выполнения различных профессиональных значимых задач.

3. Эффективность используемых человеком-оператором копинг-стратегий определяется личностными психофизиологическими ресурсами (доминирующая мотивация, уровень тревожности, способность к саморегуляции, навыки), а также степенью автономности космической экспедиции (орбитальная, межпланетная) и соотношением в ее программе штатных и нестандартных задач.

4. При отборе членов межпланетной экспедиции важным критерием является умение оператора преодолевать стрессовые ситуации с наименьшими затратами личностных (психологических, физических, профессиональных) и средовых (топлива, аппаратуры, времени и пр.) ресурсов. Обладание необходимыми стратегиями совладания со стрессовыми ситуациями определит жизнестойкость каждого члена экспедиции и экипажа в целом.

Заключение

Результаты, представленные в работе, свидетельствуют о том, что характеристики копинг-стратегий адаптации к стрессовым условиям и стилей профессиональной операторской деятельности космонавта, полученные в аспектах решения вопросов отбора претендентов в длительную экспедицию и подбора экипажа, удастся надежно выявить и описать по результатам пребывания и совместной деятельности группы операторов в моделируемых условиях обитания в замкнутом гермообъеме и решения ими профессиональных операторских задач.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] К первым итогам мегаэксперимента «Марс-500» / Григорьев А.И., Ушаков И.Б., Моруков Б.В. // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – № 1 (3). – С. 5–14.
- [2] Исследование надежности деятельности космонавта на различных этапах длительного космического полета (эксперимент «Пилот») / Сальницкий В.П., Мясников В.И., Бобров А.Ф. и др. // Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина: В 2 т. – 2002. – Т. 2. – С. 285–300.
- [3] Взаимосвязь личностно обусловленных индивидуально устойчивых поведенческих стилей с качеством и надежностью профессиональной операторской деятельности / Дудукин А.В., Сальницкий В.П., Боритко Я.С. и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2013. – Т. 47. – № 3. – С. 10–19.
- [4] Психофизиологические корреляты индивидуальных стилей профессиональной операторской деятельности / Виноходова А.Г., Боритко Я.С., Чекалина А.И. и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2013. – Т. 47. – № 5. – С. 16–21.
- [5] Макклелланд Д. Мотивация человека. – СПб.: Питер, 2007. – 672 с. (Сер. «Мастера психологии»).
- [6] Вайнер И.В. Индивидуальные различия в проявлениях субъективной уверенности и особенностях решения психофизической задачи // Проблемы дифференциальной психофизики / Ред. Бардин К.В. – М.: Изд-во ИП АН СССР, 1991. – С. 71–92.
- [7] Дистанционное наблюдение и экспертная оценка: общение и коммуникация в задачах медицинского контроля / Ред. П.В. Симонов, В.И. Мясников. – М.: Наука, 1982. – 109 с.
- [8] Основные операционные подходы к наземному моделированию пилотируемого полета на Марс / Григорьев А.И., Ушаков И.Б., Моруков Б.В., Бубеев Ю.А., Боритко Я.С. и др. // Биотехносфера. – 2013. – № 4(28). – С. 11–17.

REFERENCES

- [1] The first results of mega-experiment “Mars-500” / Grigoriyev A.I., Ushakov I.B., Morukov B.V. // Manned Space Flights. – 2012. – № 1(3). – P. 5–14.
- [2] The study of a cosmonaut's activity reliability at different stages of a long-duration space mission (experiment “Pilot”) / Salnitskiy V.P., Myasnikov V.I., Bobrov A.F. and others // Orbital station “Mir”. Space Biology and Medicine: In 2 volumes. – 2002. – V. 2. – P. 285–300.

- [3] Correlation of personally-conditioned individually stable behavioral styles with the quality and reliability of professional operator activity / Dudukin A.V., Salnitskiy V.P., Boritko Ya.S. and others. // *Aviation, Space and Ecological Medicine*. – 2013. – V. 47. – № 3. – P. 10–19.
- [4] Psychophysiological correlates of personal styles in professional operator activity / Vinokhodova A.G., Boritko Ya.S., Chekalina A.I. and others. // *Aviation, Space and Ecological Medicine*. – 2013. – V. 47. – № 5. – P. 16–21.
- [5] McClelland D. Human motivation. – St. Petersburg.: Piter, 2007. – 672 pp. (Series “Masters of Psychology”).
- [6] Vainer I.V. Individual differences in the manifestation of subjective confidence and the specifics of tackling a psychophysical task // *Problems of differential psychophysics* / Ed. Bardin K.V. – M.: Publishing House of PI of the USSR Academy of Sciences, 1991. – P. 71–92.
- [7] Remote monitoring and expert evaluation: dialog and communication for medical control tasks / Ed. P.V. Simonov, V.I. Myasnikov. – M.: Science, 1982. – 109 pp.
- [8] Basic operational approaches to the ground-based simulation of manned mission to Mars / Grigoriyev A.I., Ushakov I.B., Morukov B.V., Bubeev Yu.A., Boritko Ya.S. and others. // *Biotechnosphere*. – 2013. – № 4(28). – P. 11–17.

УДК 629.78.007

**К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ
ДЛЯ РАБОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ**Е.Ю. Иродов, П.П. Долгов, В.С. Коренной,
Б.И. Крючков, В.И. Ярополов

Канд. техн. наук, ст.н.с. Е.Ю. Иродов; канд. техн. наук, ст.н.с. П.П. Долгов;
канд. техн. наук, ст.н.с. В.С. Коренной; докт. техн. наук Б.И. Крючков;
докт. техн. наук, профессор В.И. Ярополов
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

На основе анализа особенностей работы и основных задач внекорабельной деятельности космонавтов на поверхности Луны разработан перечень типовых операций для подготовки космонавтов. Определены технические средства для подготовки космонавтов к работам в условиях лунной гравитации в наземных условиях и выполнена оценка возможности отработки космонавтами типовых операций на этих средствах.

Ключевые слова: космонавт, Луна, скафандр, внекорабельная деятельность, экстремальные условия, имитация пониженной веса, подготовка космонавтов.

**Cosmonaut Training for Work on the Lunar Surface. E.Yu. Irodov,
P.P. Dolgov, V.S. Korennoy, B.I. Kryuchkov, V.I. Yaropolov**

The list of standard extravehicular operations was developed on the basis of an analysis of the features and main tasks of extravehicular activity in order to train cosmonauts for work on the lunar surface. Ground-based technical facilities for cosmonaut training for work under lunar gravity conditions were specified and cosmonauts' abilities to master the standard extravehicular operations using these facilities were evaluated.

Keywords: cosmonaut, Moon, spacesuit, extravehicular activity, extreme conditions, low gravity simulation, cosmonaut training.

В настоящее время в России и США накоплен большой опыт и сформированы эффективные системы подготовки космонавтов и астронавтов к внекорабельной деятельности на низких околоземных орбитах. Это подтверждается успешной работой космонавтов и астронавтов на Международной космической станции (МКС) как при выполнении работ по внекорабельной деятельности (ВКД) в рамках национальных программ, так и при работах смешанных экипажей на модулях и в скафандрах партнеров. В течение последних лет в международном космическом сообществе возобновилось обсуждение приоритетных направлений по программам исследования и освоения дальнего космоса. Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы предусматривает создание необходимого задела для полномасштабного исследования Луны после 2025 года и осуществление к 2030 году высадки человека на Луну. В сентябре 2017 года Госкор-

порация «Роскосмос» и НАСА подписали совместное заявление о сотрудничестве в области исследования и освоения дальнего космоса, включающее соглашение о сотрудничестве в освоении Луны. Таким образом, представляется актуальным анализ вопросов подготовки космонавтов к работам на поверхности Луны, которым посвящена настоящая статья.

Особенности работы космонавтов на поверхности Луны

Условия работы космонавтов на поверхности Луны за пределами герметичных взлетно-посадочных модулей (ВПМ) и лунной базы (ЛБ) определяют ряд специфических проблем для ВКД, которые необходимо учитывать при проведении подготовки космонавтов. В результате анализа возможных концепций пилотируемой лунной программы России [1, 2, 3] в качестве условий, которые необходимо учитывать при планировании ВКД на поверхности Луны и при подготовке к этой деятельности космонавтов, являются: пониженный уровень гравитации (примерно в 6 раз меньше, чем на Земле); отсутствие атмосферы; значительные суточные перепады температуры на поверхности (температуры могут достигать в некоторых случаях максимально около $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$, минимально около $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$); большая продолжительность периода времени между последовательными новыми лунами (в среднем около 29,5 земных суток); достаточно близко расположенный видимый горизонт (с высоты глаз наблюдателя, равной 1,75 м: примерно 2,47 км на Луне против 4,7 км на Земле); сложный рельеф местности и специфика лунного грунта; лунная пыль; радиационная опасность; запаздывание радиосигнала, посланного с Земли на Луну или обратно (1,28 с), метеоритная бомбардировка поверхности.

Некоторые условия работы космонавтов на поверхности Луны будут достаточно близки к условиям ВКД на МКС. Так, например, отсутствие атмосферы, значительные перепады температуры, солнечное излучение и некоторые другие условия определяют необходимость использования при работе специального защитного снаряжения космонавта – скафандра. При этом, учитывая опыт подготовки космонавтов к ВКД на низких околоземных орбитах, заметим, что эти условия будут проявляться в виде ограничений, накладываемых конструкцией скафандра на функциональные возможности космонавта выполнять рабочие операции. Поэтому при подготовке космонавтов к работам на лунной поверхности специальной имитации этих условий не потребуется, достаточно будет проведения тренировок в макетах лунных скафандров с использованием различных макетов или штатных образцов оборудования и инструмента.

Главным различием условий ВКД на поверхности Луны и на внешней поверхности космических комплексов на околоземных орбитах является наличие лунной гравитации. Наличие гравитации обуславливает способ перемещения космонавтов на ногах (пешие перемещения) или перемещения с использованием транспортных средств (луноходов). При этом предполагаются перемещения космонавтов на значительные удаления от лун-

ных взлетно-посадочных модулей и модулей лунной базы по маршрутам, имеющим сложный рельеф и различные свойства грунта (лунного реголита). Характерными особенностями микрорельефа, которые необходимо учитывать как при определении опасностей работы на поверхности Луны, так и при моделировании условий работы космонавтов, являются россыпи камней и каменные гряды вблизи кратеров, наличие значительных по величине уклонов поверхности, а также отложения рыхлого грунта на склонах кратеров. Кроме того, необходимо учитывать значительную продолжительность лунных суток (дня и ночи), затруднения визуального определения расстояний и задержки радиосигнала с Земли.

Анализ результатов шести миссий с посадкой на Луну по программе «Аполлон», выполненных астронавтами НАСА с 1969 по 1972 годы, а также ряда наземных исследований позволили определить влияние лунной гравитации на локомоции, энерготраты и работоспособность человека на поверхности Луны. Американские астронавты отмечали, что передвигаться на поверхности Луны было легче, чем в наземных тренажерах, имитирующих лунную гравитацию. Астронавты пробовали разные способы передвижения: хождение, подскоки при ходьбе и бег вприпрыжку. Лучшим способом была признана обычная ходьба, при которой надо было все время наклоняться вперед для компенсации влияния веса ранца с системой жизнеобеспечения. Остановиться во время ходьбы астронавты сразу не могли, только после одного или двух шагов, а во время скачков – после трех или четырех скачков. По внешнему виду грунта трудно было оценить его несущую способность. Отмечалась совершенно неожиданная разница в глубине следов и рыхлости грунта на участках лунной поверхности, внешне незначительно отличавшихся друг от друга. Под ногами грунт уплотнялся, образуя четкие рельефы подошв. При наличии тонкого слоя грунта на поверхности скалы возникала опасность скольжения. Энерготраты экипажа «Аполлона-11» на поверхности Луны составили от 225 до 350 ккал/ч при норме 275–300 ккал/ч [4].

Аналогичные оценки были получены специалистами при проведении исследований и испытаний для подготовки советских космонавтов к высадке на Луну по программе Н1–ЛЗ [1, 5]. По этим оценкам на функциональные возможности космонавта на поверхности Луны будут влиять микрорельеф поверхности и свойства грунта, которые будут определять позу и способ передвижения космонавта, а также технологию выполнения рабочих операций. При испытаниях советского лунного скафандра «Креchet-94» было установлено, что у космонавта в скафандре центр тяжести смещается вверх и немного назад, что требовало некоторого наклона вперед для сохранения равновесия. При этом устойчивость космонавта в этом скафандре сохранялась без дополнительных усилий на склонах до 14 градусов. Отмечалось, что переход из состояния покоя в движение на Луне происходит медленнее, чем на Земле. Было установлено, что способ передвижения «хождением» (со скоростью до 0,5 м/с) наиболее удобен при

перемещении вблизи посадочного модуля и при переносе грузов. Способ перемещения «вприпрыжку» эффективен при перемещении на сравнительно большие расстояния, при этом скорость может достигать 1–1,5 м/с.

Исследованием влияния пониженной гравитации на локомоции, энерготраты и работоспособность человека на поверхности Луны занимаются специалисты многих стран, при этом выдвигаются различные гипотезы и предлагаются модели, объясняющие механизмы этого влияния. Отмечается необходимость исследования физиологического воздействия пониженной гравитации на человека как с точки зрения сохранения здоровья и работоспособности, так и для определения потребности материальных ресурсов системы жизнеобеспечения планируемых ВКД.

Например, в работе [6] отмечается, что при исследованиях локомоций человека в моделируемых гравитационных условиях Луны и Марса была выдвинута гипотеза о том, что энергетические расходы увеличиваются для лунного передвижения по сравнению с марсианским. Это происходит из-за «траты энергии» человеком для поддержания устойчивости и контроля положения тела. В дальнейшем было определено, что устойчивостью в ходе перемещения, главным образом, астронавты управляют размещением ноги относительно центра масс. При этом контроль размещения ноги может быть более трудным при уменьшенной силе тяжести из-за более длительного «времени переноса» и менее точной силы обратной связи из-за изоляции ноги астронавта от окружающей среды подошвой оболочки ноги (обуви) скафандра. Кроме того, при переносе груза может увеличиться полная инерция астронавта в скафандре, потенциально увеличивая неустойчивость и энергетические расходы, требуемые для устойчивого перемещения в сагиттальной плоскости. Наконец, уменьшенная способность ощутить воздействие окружающей среды (визуально, а также силы тактильной обратной связи), испытываемое астронавтами в космическом скафандре, может дополнительно влиять на способность использовать их естественную систему управления с обратной связью, таким образом, вызывая менее эффективный контроль своей устойчивости и связанное с этим увеличение энергетических расходов. Анализируя перемещения американских астронавтов по лунной поверхности, специалисты отметили, что незначительная часть ВКД проведена стоя или при медленных равномерных передвижениях, чаще астронавты совершали неравномерные перемещения с различным темпом по волнистому лунному ландшафту, останавливаясь и меняя направление. Было установлено, что при определении энерготрат необходимо учитывать эффект преодоления инерции. Даже во время передвижения с постоянной скоростью, на достаточно высоких скоростях, когда обе ноги касаются поверхности, существует потенциал для инерционного вращения вокруг центра масс, представляющий значимый фактор.

Таким образом, при наземной подготовке космонавтов к работам на поверхности Луны возникает новая задача – задача подготовки в условиях моделирования условий пониженной гравитации. Кроме того, подготовку

космонавтов необходимо будет проводить с использованием макетов лунных скафандров, обеспечивающих как можно более точное воспроизведение ограничений, обусловленных конструкцией лунного скафандра (масово-габаритные характеристики, условия микроклимата и теплосъем, подвижность шарнирных соединений, упругость мягких оболочек, тактильную чувствительность и т.д.). В процессе проведения тренировок необходимо будет обеспечить возможность перемещения космонавта по сложному микрорельефу местности на большие расстояния пешком и/или на специальном транспортном средстве (луноходе), а также наличие макетов оборудования и инструмента (с весом 1/6 от земного), используемого им при выполнении поставленных задач.

Определение задач ВКД космонавтов на поверхности Луны

В настоящее время различные проблемы освоения Луны находятся на стадии теоретических исследований, обоснования необходимости и целесообразности, и прогнозного планирования [1]. Для реализации пилотируемых лунных экспедиций одной из важных проблем является определение комплекса задач, которые должен решать экипаж. Весь спектр задач можно разделить на две основные группы:

- задачи, решаемые внутри герметичных отсеков ВПМ и модулей ЛБ;
- задачи, решаемые в процессе деятельности на поверхности Луны вне герметичных отсеков, требующие специального оснащения космонавтов в скафандры.

Структура основных задач ВКД на поверхности Луны, относящихся ко второй группе, представлена на рис. 1.

Анализ сценариев выполнения работ космонавтов на поверхности Луны при осуществлении лунных экспедиций показывает, что по аналогии с ВКД на внешней поверхности МКС можно выделить типовые операции, которые будут выполняться во время каждого выхода на лунную поверхность из ВПМ или герметичных объектов лунной базы (далее «выход»), а также целевые операции «выхода».

Основные типовые операции, которые будут выполняться во время каждого «выхода», можно сгруппировать по следующим классам (кластерам): работа с ВПМ, работа с транспортным средством, работа с оборудованием, работа с ручным инструментом, работы на поверхности Луны. Структура типовых операций показана на рис. 2.

Представленный перечень операций охватывает практически весь спектр задач, которые космонавты будут выполнять на поверхности Луны.

Анализ сгруппированных операций показывает, что при их выполнении космонавт использует три основных вида действий:

- физические действия руками и ногами;
- тонкокоординированные действия руками;
- умственные действия.



Рис. 1. Задачи внекорабельной деятельности на Луне

К первому виду действий относятся все виды передвижения космонавта и перемещения грузов:

- самостоятельное передвижение по поверхности различными способами;
- спуск/подъем по лестнице (трапу);
- перенос (транспортировка) оборудования вручную;
- извлечение инструмента из контейнера;
- размещение инструмента в требуемых местах хранения;
- очистка оборудования перед переносом в ВПМ;
- сбор инструмента и размещение его в контейнере;
- перенос контейнеров в ВПМ;
- погрузка блоков на транспортное средство;
- фиксация блоков на транспортном средстве;
- расфиксация и снятие блоков с транспортного средства;
- подготовка мест на поверхности Луны для размещения аппаратуры: очистка от пыли, установка опор, крепление опор в грунте;
- перенос оборудования из ВПМ;

– снятие оборудования, закрепленного на внешней поверхности / установка его на места крепления (ВПМ, элементах инфраструктуры, научных комплексов).

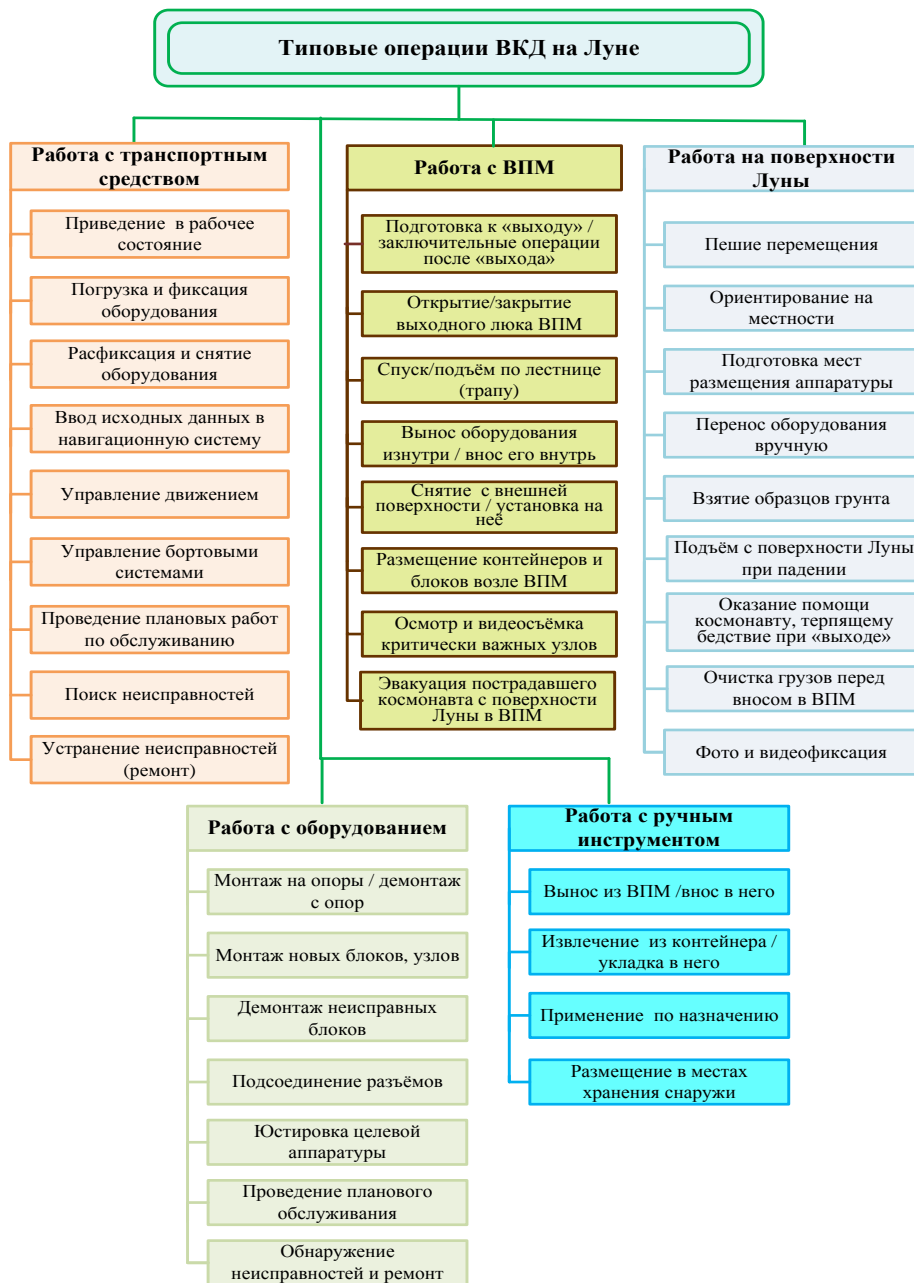


Рис. 2. Структура типовых операций ВКД на Луне

Ко второму виду действий относятся:

- выполнение космических экспериментов;
- применение инструмента по назначению;
- подсоединение разъемов разного типа (электро-, видео-, радио- и т.п.);
- юстировка целевой аппаратуры;
- ввод исходных данных в навигационную систему транспортного средства;
- управление для передвижения по поверхности Луны в требуемом направлении;
- управление бортовыми системами транспортного средства;
- открытие/закрытие выходного люка ВПМ;
- взятие проб, образцов, минералов с поверхности Луны;
- проведение ремонта отдельного оборудования транспортного средства;
- монтаж оборудования на опоры / демонтаж его с опор;
- монтаж новых блоков, узлов на оборудовании;
- демонтаж неисправных блоков, узлов.

К третьему виду действий относятся:

- определение причин неработоспособности аппаратуры;
- ориентирование на местности;
- подготовка исходных данных для навигационной системы транспортного средства;
- определение направлений движения по Луне.

Из данных операций выделяется группа операций, в которых комплексно выполняются физические действия, тонкокоординированные действия руками и умственные действия, т.е. действия, относящиеся к первому, второму и третьему виду действий. К ним относятся:

- приведение транспортного средства в рабочее состояние;
- проведение плановых работ по обслуживанию аппаратуры;
- фотографирование или видеосъемка искусственных и естественных объектов;
- осмотр и видеосъемка критически важных узлов ВПМ.

Качество и эффективность выполнения физических и тонкокоординированных действий во многом определяются параметрами и возможностями скафандра, в котором будут работать космонавты на поверхности Луны. Основными параметрами скафандра, влияющими на трудовую деятельность космонавтов, являются:

- соответствие размеров скафандра и антропометрических характеристик человека;
- подвижность частей скафандра в местах, соответствующих суставам человека;
- подвижность пальцев и кистей в перчатках;

- обзорность (видимость), обеспечиваемая остеклением скафандра;
- температурный режим, обеспечиваемый системами скафандра при различных режимах работы космонавта;
- газовый состав атмосферы в скафандре.

Для эффективной наземной подготовки космонавтов по всему рассмотренному комплексу задач ВКД на Луне и отработке основных типовых операций потребуется проведение тренировок космонавтов с имитацией основных факторов, влияющих на трудовую деятельность космонавтов на лунной поверхности. Как было показано выше, такими основными факторами являются пониженная весомость и конструкция скафандра.

Способы и средства моделирования условий работы космонавтов на лунной поверхности в наземных условиях

В настоящее время известны следующие способы имитации пониженной весомости и невесомости в наземных условиях [7]:

- состояние невесомости, получаемое во время свободного падения;
- состояние невесомости и пониженной весомости, получаемое во время полета самолета по параболической траектории;
- иммерсия, или сухое погружение (модель невесомости);
- антиортостатическая гипокинезия с углом наклона тела относительно горизонта -6° (модель невесомости), ортостатическая гипокинезия с положительным углом наклона тела относительно горизонта $+9,6^\circ$ (модель лунной гравитации);
- способ обезвешивания с помощью системы подвесок;
- способ обезвешивания с помощью многостепенного стенда с кардановым подвесом;
- способ, основанный на установке платформы на воздушной подушке;
- способ обезвешивания с помощью легких газов (гелий и др.);
- способ создания гидронеувесомости;
- состояние невесомости при полете зондирующих ракет по специальной траектории;
- различные способы технической левитации объектов (магнитная, электрическая и т.п.).

Для проведения практической подготовки космонавтов к работам на поверхности Луны в условиях моделирования пониженной гравитации предлагается использование следующих способов и технических средств:

- полет самолета-лаборатории по параболической траектории с остаточными перегрузками, соответствующими «лунной весомости»;
- «частичное уменьшение веса» объектов (космонавта в скафандре, оборудования) при погружении под воду в специальном бассейне (гидролаборатории);

– «частичное уменьшение веса» объектов (космонавта в скафандре, оборудования), на специальных стендах с многокоординатными силокомпенсирующими системами.

Параболический полет на самолете-лаборатории лучше других технических средств позволяет имитировать условия пониженной весомости в наземных условиях. Испытания и исследования, которые требуют, чтобы все объекты, в том числе скафандр, инструменты, оборудование и макеты находились в одинаковых условиях пониженной весомости, должны проводиться на самолете-лаборатории, выполняющем полет по траекториям, во время которых создаются условия пониженной весомости. Полеты в самолете-лаборатории по параболической траектории позволяют наиболее реально воссоздать условия лунной гравитации в течение 20–30 с. Однако такой малый интервал времени не позволяет произвести в условиях пониженной весомости многие операции, продолжительность которых, как правило, существенно больше. Кроме того, наличие перегрузок до и после действия пониженной весомости, ограниченные размеры салона самолета-лаборатории, ограничения по количеству и специальные требования к сертификации специалистов, участвующих в тренировках на борту самолета, и относительно высокая стоимость полетов не позволяют широко использовать этот способ для моделирования различных операций, выполняемых на поверхности Луны в реальном масштабе времени. Этот способ может быть использован для поэлементной отработки ряда операций, на выполнение которых не требуется большой длительности пребывания в условиях лунной гравитации. Такие полеты, несомненно, будут полезны для ознакомления космонавтов с реальными ощущениями лунной гравитации, со способами передвижения по лунной поверхности, возможностями перемещения и установки оборудования различной массы.

Моделирование условий пониженной весомости в гидролаборатории (ГЛ) рассматривается в качестве основного направления для отработки внекорабельной деятельности космонавтов на поверхности Луны. Сущность этого способа заключается в следующем: космонавта, снаряженного в скафандр, помещают в специальный резервуар, наполненный водой, где ему обеспечивают необходимую плавучесть и равновесие. Моделирование пониженной весомости в воде обеспечивается путем придания системе «человек–скафандр» отрицательной плавучести и нейтральной остойчивости (совмещение центров тяжести и объема). Величина отрицательной плавучести (разность силы тяжести и выталкивающей силы) системы «человек–скафандр» в гидролаборатории должна обеспечивать силу реакции опоры, равную силе реакции опоры, возникающей от системы «человек–скафандр» в условиях пониженной гравитации на поверхности Луны. При этом необходимо учитывать, что масса скафандра, применяемого в гидролаборатории, больше массы штатного скафандра (за счет необходимости использования специальных грузов), и это существенно меняет инерционные характеристики системы «человек–скафандр». К основным преимуществам

ществам способа имитации пониженной весомости в гидросреде относятся: большая длительность обеспечения моделируемого фактора – пониженной весомости; достаточно высокий уровень безопасности тренировок в гидросреде; возможность многократного повторения тренировок; возможность использования достаточно широкой номенклатуры штатного оборудования и снаряжения. Основными недостатками воспроизведения пониженной весомости в гидросреде относятся: влияние гидродинамического сопротивления жидкости; влияние инерционных свойств воды; необходимость утяжеления скафандра; не воспроизводятся факторы, влияющие на физиологические процессы в организме человека.

На специальных стендах с многокоординатными силокомпенсирующими системами применяется метод имитации невесомости с помощью системы подвески. Сущность метода заключается в том, что скафандр с космонавтом подвешивается на тросе, другой конец которого прикреплен к моментному двигателю и имеет возможность перемещаться в определенном диапазоне. Управляющая система стенда отслеживает движение системы «человек–скафандр» в горизонтальных направлениях и поддерживает необходимую вертикальную разгружающую силу, обеспечивая движение в трех направлениях (одно вертикальное и два горизонтальных). При этом для возможности имитации выполнения отдельных операций на таком стенде потребуется использовать карданов подвес.

Для анализа особенностей методов моделирования лунной гравитации при подготовке космонавтов и понимания адекватности имитации условий работы космонавтов представляют несомненный интерес данные, опубликованные в работе [6]. Здесь, как и в ряде работ других авторов, делается справедливый вывод, что каждый метод моделирования имеет преимущества и недостатки, а также может быть хорошим или неудовлетворительным при воспроизведении факторов, связанных с уменьшенной силой тяжести окружающей среды. В таблице (перевод авторов) представлены возможности различных методов в части моделирования сил факторов нагрузки, а также физиологических и биомеханических факторов.

Представленные данные об особенностях имитации различных факторов пониженной весомости необходимо учитывать для планирования и правильной интерпретации результатов испытаний и тренировок космонавтов по лунной программе.

Проведенный анализ действий космонавта при выполнении различных работ на поверхности Луны в скафандре может служить основой для организации подготовки космонавтов на различных технических средствах, имитирующих лунные условия.

Все операции и действия, относящиеся к первому виду действий, должны отрабатываться на тренажерных средствах, позволяющих имитировать условия пониженной весомости, характерные для Луны. Тренировки должны проводиться в специальных макетах лунных скафандров.

Таблица

Особенности моделирования пониженной гравитации различными методами [6]

Методы моделирования	Силы и факторы нагрузки				Инерционное вращение	Физиологические/биомеханические факторы							
	вплоть оси головы ноги	Голова	Руки	Ноги		Тиростатический градиент	Распределение жидкости	Объём крови	Общая масса эритроцитов	Площадка	Специфические факторы		
Параболический полет	~1/6-g	1-g	1/6-g	1/6-g	нормальное	1/6-g	1-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g
Нейтральная плавучесть в водной среде	1-g	1-g	1/6-g	1/6-g	Изменение инерционных характеристик из-за балласта	1-g	1-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g (вязкость)	1/6-g (вязкость)	1/6-g (вязкость)
Вертикальная разгрузка до 1/6-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	нормальное	1-g	1-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g
Вертикальная разгрузка до 1/6-g / манжета давления	1-g	1-g	1-g	1/6-g	полностью ограничено	1/6-g <HG <1-g	1/6-g <FD <1-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g
Наклонная разгрузка до 1/6-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g	полностью ограничено	1/6-g	1/6-g <FD <1-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g (ограничено)
Горизонтальная с использованием отрицательного давления на нижнюю часть тела до 1/6-g	1-g	1-g	1-g	1-g	полностью ограничено	1/6-g	1/6-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g (ограничено)
Горизонтальная с использованием упругих амортизаторов (пружин) до 1/6-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	полностью ограничено	1/6-g	1/6-g	1-g	1-g	1-g	1/6-g	1/6-g	1/6-g (ограничено)

Операции и действия, относящиеся ко второму и частично третьему видам действий, могут отрабатываться на тренажерах и стендах без имитации лунной гравитации. Операции второго вида должны отрабатываться в специальных макетах лунных скафандров.

Операции третьего вида действий, связанные с ориентированием на местности, необходимо отрабатывать в специальных макетах лунных скафандров на естественных или искусственных полигонах (аналогах лунной поверхности). Данное положение подтверждается анализом результатов экспериментов, проводимых специалистами НАСА по проектам «Хотон–Марс» (Haughton-Mars Project), «Марсианская арктическая научно-исследовательская станция» (Flashline Mars Arctic Research Station), а также по программе исследований и отработке технологий в пустыне (Desert Research and Technology Studies) [8], программы Гавайского центра космического моделирования Hawai'i Space Exploration Analog and Simulation (Hi-SEAS), работами по программе Antarctic/desert (Inflatable Lunar Habitat Analog Study in Antarctica – исследование аналога надувного обитаемого лунного модуля в Антарктиде), исследованиями в экстремальных условиях (NASA Extreme Environment Missions Operations – NEEMO) [9].

Так, например, по программе NEEMO были успешно отработаны следующие задачи:

- отработка навыков работы с научным оборудованием астронавтов при нахождении на поверхности Луны вне ВПМ;
- использование транспортных средств передвижения по поверхности Луны и Марса, испытание крана-манипулятора;
- доставка пострадавшего астронавта с поверхности в ВПМ;
- отработка навыков ориентирования на местности и выживания в критических ситуациях;
- отработка операций по строительству ферменных трубчатых конструкций, в том числе с использованием управляемых робототехнических средств;
- управление подводными имитаторами марсианского и лунного роверов;
- проведение операций за пределами посадочного модуля в режиме ограниченной связи с Центром управления полетами или автономно;
- отработка рациональных способов перемещения, в том числе походы астронавта в условиях пониженной гравитации.

Для сокращения объемов и стоимости тренировок операции третьего вида могут частично отрабатываться с использованием средств виртуальной реальности, например, задача подготовки управлением лунохода на поверхности Луны [10].

Операции, включающие комплексные действия, относящиеся к первому, второму и третьему видам действий, могут отрабатываться на тренажерах и стендах без имитации лунной гравитации. Тренировки должны проводиться в выходных скафандрах.

В интересах подготовки космонавтов к работам на поверхности Луны в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (ЦПК) создан определенный научно-технический задел. Разработаны и апробированы (с учетом возможностей и ограничений существующих макетов скафандров типа «Орлан») ряд методик и проведено предварительное распределение задач и операций по типам существующих в ЦПК тренажеров и имитаторов условий космического полета.

Разработана методика моделирования условий пониженной весомости на тренажере «Выход-2» и определен перечень типовых операций, которые целесообразно отрабатывать с космонавтами по этой методике:

- передвижение по горизонтальной, наклонной и неровной (ступенчатой) поверхностям различными способами – шагом, прыжками;
- спуск/подъем по лестнице (трапу);
- извлечение инструмента из контейнера;
- размещение инструмента в требуемых местах хранения;
- сбор инструмента и размещение в контейнере;
- погрузка блоков на транспортное средство;
- фиксация блоков на транспортном средстве;
- расфиксация и снятие блоков с транспортного средства;
- подготовка мест размещения для аппаратуры – очистка от пыли, установка опор, крепление опор в грунте;
- взятие образцов грунта с поверхности Луны;
- открытие/закрытие выходного люка ВПМ;
- очистка оборудования перед вносом в ВПМ.

Пример отработки перемещения космонавта по неровной поверхности в условиях пониженной весомости на тренажере «Выход-2» при проведении послеполетных экспериментальных исследований [11, 12] показан на рис. 3.



Рис. 3. Перемещение космонавта по «лунной» поверхности в условиях пониженной весомости на тренажере «Выход-2»

Разработана методика моделирования условий пониженной весомости в гидролаборатории и определен перечень типовых операций, которые целесообразно отрабатывать с космонавтами по этой методике:

- передвижение по горизонтальной, наклонной, неровной поверхности различными способами – шагом, прыжками;
- передвижение по ступенькам;
- открытие/закрытие выходного люка ВПМ;
- спуск/подъем по лестнице (трапу);
- перенос различного типа контейнеров вручную по различным типам поверхности;
- внос контейнеров в ВПМ;
- вынос оборудования из внутренних отсеков ВПМ / внос оборудования во внутренние отсеки ВПМ;
- снятие оборудования, закрепленного на внешней поверхности ВПМ / установка оборудования на внешней поверхности ВПМ;
- монтаж оборудования на опоры / демонтаж оборудования с опор;
- монтаж новых блоков, узлов на оборудовании;
- демонтаж неисправных блоков, узлов;
- очистка оборудования перед вносом в ВПМ.

Пример отработки перемещения космонавта по трапу ВПМ в условиях пониженной весомости в гидролаборатории показан на рис. 4.



Рис. 4. Перемещение космонавта по условному трапу ВПМ в условиях пониженной весомости в гидролаборатории

Разработана методика моделирования лунной гравитации на самолете-лаборатории и определен перечень типовых операций, которые целесообразно отрабатывать в этих условиях с космонавтами:

- передвижение по горизонтальной поверхности различными способами – шагом, прыжками;
- передача и установка контейнеров различного типа;
- поведение на поверхности Луны при падениях;

- применение инструмента по назначению;
- подсоединение разъемов разного типа – электро, видео, радио;
- юстировка целевой аппаратуры.

Пример отработки перемещения космонавта прыжками в условиях пониженной весомости в самолете-лаборатории показан на рис. 5.



Рис. 5. Перемещение космонавта прыжками в условиях пониженной весомости на самолете-лаборатории

В процессе отработки упомянутых методик моделирования был выявлен ряд недостатков используемых технических средств моделирования и макетов скафандров.

В части макетов скафандров (на всех технических средствах) основными недостатками являются ограничения обзорности «вниз» и «по горизонту», а также ограничения подвижности в коленном, голеностопном и тазобедренном суставах. Эти недостатки обусловлены использованием в экспериментах макетов скафандров, предназначенных для работы в условиях невесомости. Естественно, для окончательной отработки перечисленных методик потребуются макеты скафандров, которые будут разработаны для лунной программы.

В части технических средств моделирования наиболее существенными недостатками для моделирования ВКД на поверхности Луны являются недостатки тренажера «Выход-2»: отсутствие активного (силокомпенсирующего) канала в горизонтальном направлении, возникновение колебательных движений системы подвески скафандра и отсутствие возможности наклона тела.

Выводы

На основе анализа особенностей работы и основных задач ВКД космонавтов на поверхности Луны определен перечень типовых операций для подготовки космонавтов к выполнению комплекса задач ВКД на лунной поверхности.

В качестве основных технических средств и способов для практической подготовки космонавтов к работам на поверхности Луны в наземных условиях рекомендованы:

- полеты самолета-лаборатории по параболической траектории;
- «частичное уменьшение веса» при погружении под воду в ГЛ;
- «частичное уменьшение веса» на специальных стендах с многокоординатными силокомпенсирующими системами;
- имитация лунного ландшафта на земных естественных и искусственных аналогах (полигонах) лунной поверхности.

Подготовка космонавтов по применению транспортных средств требует дополнительного уточнения.

Проверка возможности отработки типовых операций на выбранных технических средствах подтвердила принципиальную возможность их использования для подготовки космонавтов к ВКД на поверхности Луны.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Луна – шаг к технологиям освоения Солнечной системы. – М.: Изд. РКК «Энергия», 2011.
- [2] Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий / Крючков Б.И., Усов В.М., Ярополов В.И., Сосюрка Ю.Б., Троицкий С.С., Долгов П.П. // Пилотируемые полеты в космос. – 2013 – № 2(19). – С. 35–57.
- [3] Ярополов В.И. Анализ особенностей лунной экспедиции и разработка предложений по обеспечению безопасности экипажа при выполнении миссий к Луне // Пилотируемые полеты в космос. – 2013 – № 1(6). – С. 44–66.
- [4] Армстронг Н. Исследование лунной поверхности. Доклад, прочитанный на XIII Сессии КОСПАР (Ленинград, июнь 1970 г.). Сокращенный перевод Г.Н. Деева // Земля и Вселенная. – 1970. – № 5.
<http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/ziv/1970/arm.html>.
- [5] Физиолого-гигиенические и психофизиологические аспекты моделирования внекорабельной деятельности на стендах / Барер А.С., Филипенков С.Н., Шейкин А.А. и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2013. – Т. 47, № 4. – С. 13–14.
- [6] Chappell, Steven P. and Klaus, David M. (2013) "Enhanced Simulation of Partial Gravity for Extravehicular Activity", *Journal of Human Performance in Extreme Environments*: Vol. 10: Iss. 2, Article 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.7771/2327-2937.1052>.
- [7] Особенности подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне / Онуфриенко Ю.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 215–217.
- [8] Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: HMP, Desert RATS, ISRU, PLRP, FMARS / Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 3(20). – С. 68–79.

- [9] Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: NEEMO, ISTAR, MARS YARD/CHAMBER, ANTARCTIC/DESERT, HI-SEAS / Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Каспранский Р.Р. // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 4(21). – С. 43–56.
- [10] Направления применения компьютерного моделирования при подготовке космонавтов к ВКД / Онуфриенко Ю.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Жамалетдинов Н.Р., Коренной В.С. // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 219–221.
- [11] Post-flight experimental research in the interests of manned flights to deep Space. Yuriy V. Lonchakov, Boris I. Kryuchkov, Andrey A. Kuritsyn, Valeriy A. Sivolap, Maksim M. Kharlamov, Rustem R. Kasprahsky, Pavel P. Dolgov, IAC Paper, IAC–15, В3,5,7х28425, 6 p.
- [12] Экспериментальные исследования в интересах обеспечения полетов человека в дальний космос / Крикалёв С.К., Крючков Б.И., Харламов М.М., Новицкий О.В., Тарелкин Е.И., Курицын А.А., Почуев В.И., Долгов П.П., Орешкин Г.Д. // Полет. – № 8. – 2013. – С. 126–135.

REFERENCES

- [1] The Moon as a Step Towards Solar System Exploration. – Moscow.: Publ. RSC “Energia”, 2011.
- [2] On the Features of Professional Activity of Cosmonauts when Implementing Lunar Missions / Kryuchkov B.I., Usov V.M., Yaropolov V.I., Sosyurka Yu.B., Troitskiy S.S., Dolgov P.P. // Manned space flights. – 2013. – № 2(19). – pp. 35–57.
- [3] Yaropolov V.I. Analysis of Features of Lunar Expeditions and Development of Proposals on Crew Safety During Flight to the Moon // Manned Space Flights. – 2013. – № 1(6). – pp. 44–66.
- [4] Neil Armstrong. Lunar Surface Exploration. The Report, Read at the XIII Session of COSPAR (Leningrad, June 1970). Shortened Translation by Deeva G.N. // Earth and Universe. – 1970. – № 5. <http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/ziv/1970/arm.html>.
- [5] Physiological-hygienic and Psychophysiological Aspects of EVA Simulation on Modeling Stands/ Baber A.S., Filipenkov S.N., Sheikin A.A. etc. – 2013. – Vol. 47, № 4. – pp. 13–14.
- [6] Chappell, Steven P. and Klaus, David M. (2013) "Enhanced Simulation of Partial Gravity for Extravehicular Activity", Journal of Human Performance in Extreme Environments: Vol. 10: Iss. 2, Article 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.7771/2327-2937.1052>.
- [7] Features of Cosmonaut Training for Extravehicular Activity on the Moon / Onufrienko Yu.I., Altunin A.A., Dolgov P.P., Iridov E.Yu., Korennoy V.S. // Manned Space Flights. Proceedings of 12th International Scientific and Practical Conference. – 2017. – pp. 215–217.
- [8] NASA’s Analogue Missions Implemented in the Interests of Manned Deep Space Exploration: HMP, Desert RATS, ISRU, PLRP, FMARS / Dolgov P.P., Iridov E.Yu., Korennoy V.S. // Manned space flights. – 2016. – № 3(20). – pp. 68–79.

- [9] NASA's Analogue Missions Implemented in the Interests of Manned Deep Space Exploration: NEEMO, ISTAR, MARS YARD/CHAMBER, ANTARCTIC/DESERT, HI-SEAS / Dolgov P.P., Iridov E.Yu., Korennoy V.S., Kaspransky R.R. // Manned Space Flights. – 2016. – № 4(21). – pp. 43–56.
- [10] Main Directions of Computer Modeling Application in the Process of Cosmonaut Training for EVA. / Onufrienko Yu.I., Altunin A.A., Dolgov P.P., Iridov E.Yu., Zhamaletdinov N.R., Korennoy V.S. // Manned Space Flights. Proceedings of XII International Scientific and Practical Conference. – 2017. – pp. 219–221.
- [11] Post-flight Experimental Research in the Interests of Manned Flights to Deep Space. Yu.V. Lonchakov, B.I. Kryuchkov, A.A. Kuritsyn, V.A. Sivolap, M.M. Kharlamov, R.R. Kasprahsky, P.P. Dolgov, IAC Paper, IAC-15, B3.5,7x28425, 6 p.
- [12] Experimental Research In the Interests of Manned Flights to Deep Space / Krikaliyov S.K., Kryuchkov B.I., Kharlamov M.M., Novitskiy O.V., Tarelkin E.I., Kuritsyn A.A, Pochuev V.I., Dolgov P.P., Oreshkin G.D. // Polyot. – № 8. – 2013. – pp. 126–135.

УДК 629.78:007.52

**МЕТОДИКА ВЫБОРА
ВАРИАНТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОСМОНАВТА
С АНТРОПОМОРФНЫМИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ
СИСТЕМАМИ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В.Г. Сорокин

Канд. воен. наук, доцент В.Г. Сорокин
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

На основе анализа способов использования антропоморфных робототехнических систем космического назначения разработана методика выбора вариантов взаимодействия космонавта с ними.

Ключевые слова: антропоморфная робототехническая система, вариант, внутрикорабельная деятельность, внекорабельная деятельность, выбор, использование, космонавт, напланетная деятельность, режим, способ.

**Methods of Choosing the Options for Interaction of a Cosmonaut
with Anthropomorphic Robotic Systems. V.G. Sorokin**

Methods of choosing the options for interaction of a cosmonaut with anthropomorphic robotic systems designed to be used in space were developed by analyzing the ways of the use of those systems.

Keywords: anthropomorphic robotic systems, type, intravehicular activity, extravehicular activity, choice, use, cosmonaut, on-planet activity, mode, method.

Методологической основой создания методики выбора вариантов взаимодействия космонавта с антропоморфными робототехническими системами космического назначения (АРТС КН) является система принципов, способов организации и построения теоретической и практической деятельности существующих и перспективных эргатических систем «космонавт–антропоморфный робот–профессиональная среда деятельности», выявленных в результате исследований, проводящихся в Научно-исследовательском испытательном центре подготовки космонавтов (НИИ ЦПК) с 2012 года.

Необходимость выполнения опережающих исследований применительно к АРТС КН, в том числе и связанных с выбором вариантов взаимодействия космонавта с АРТС КН, обусловлена тем, что «Концепция развития робототехнических систем для решения задач в области пилотируемой космонавтики и исследования объектов солнечной системы на период до 2040 года» определяет это направление как приоритетное в реализации научно-технической политики России.

Способы использования антропоморфных робототехнических систем космического назначения

Под способом использования АРТС КН понимается организация их применения в комплексе с упорядоченной комбинацией приемов и порядка действий для решения задач внутрикорабельной, внекорабельной и напланетной деятельности. При этом под организацией применения АРТС КН понимается формирование процесса деятельности во времени и пространстве, а если АРТС КН несколько, то учитывается их взаимосвязь и взаимодействие при совместном функционировании [11].

Анализ результатов исследований, проведенных в НИИ ЦПК, показал, что организационная составляющая способов использования АРТС КН может различаться [7–11]:

- по количеству АРТС КН, используемых для решения задач;
- по времени, необходимому для решения задач АРТС КН;
- по уровню сложности задач, решаемых АРТС КН;
- по распределению функций между космонавтом и АРТС КН;
- по загруженности космонавта в копирующем режиме;
- по организации предъявления информации;
- по форме предъявления информации;
- по предъявлении информации по типу режима взаимодействия космонавта с АРТС КН.

Исходя из этого, дальнейшее определение способов использования АРТС КН выполняется применительно к организационной составляющей.

1. Количество АРТС КН, используемых для решения задач

Количество АРТС КН, используемых для решения задач, зависит от количества и объема задач. Для решения одной или нескольких задач, объем которых позволяет выполнить их с использованием одной АРТС КН, целесообразно выбрать способ одиночного применения. Для решения одной или нескольких задач, объем которых не позволяет выполнить их с использованием одной АРТС КН, целесообразно выбрать способ группового применения.

Таким образом, применительно к организационной составляющей «количество АРТС КН, используемых для решения задач», возможны следующие способы использования:

- а) групповое использование АРТС КН;
- б) одиночное использование АРТС КН.

2. Время, необходимое для решения задач АРТС КН

Решение задач АРТС КН зависит от продолжительности периода времени, необходимого для этого, а также от взаимной связи между решаемыми задачами (то есть зависит ли решение предыдущей задачи от решения последующей). Если необходимо решение одной задачи большого объема или нескольких независимых друг от друга задач в короткий период времени, целесообразно выбрать одновременное использование нескольких АРТС КН. Если необходимо решение нескольких зависимых

друг от друга задач целесообразно выбрать последовательное использование одной или нескольких АРТС КН.

Таким образом, применительно к организационной составляющей «время, необходимое для решения задач АРТС КН», возможны следующие способы использования:

- а) одновременное использование АРТС КН;
- б) последовательное использование АРТС КН.

3. Уровень сложности задач, решаемых АРТС КН

Уровень сложности задач, решаемых АРТС КН, в общем понимании может варьироваться от низкого до высокого. Можно предположить, что существует два типа АРТС КН, каждый из которых способен решать задачи в своем диапазоне уровня сложности. Например, АРТС КН 1-го типа способны решать задачи в диапазоне от низкого до среднего уровня сложности; АРТС КН 2-го типа способны решать задачи от низкого до высокого уровня сложности. Тогда при решении задач от низкого до среднего уровня сложности целесообразно использование АРТС КН 1-го типа (т.е. однотипных), или совместное использование АРТС КН 1-го и 2-го типов (т.е. разнотипных). Решение задач, имеющих уровень сложности выше среднего, возможно, используя только лишь АРТС КН 2-го типа (т.е. однотипных).

Таким образом, применительно к организационной составляющей «уровень сложности задач, решаемых АРТС КН», возможны следующие способы использования:

- а) использование однотипных АРТС КН;
- б) использование разнотипных АРТС КН.

4. Распределение функций между космонавтом и АРТС КН

4.1. Распределение функций между космонавтом и АРТС КН, различающимися по типу режима функционирования

Типы режимов функционирования АРТС КН подразделяются на автоматический и автоматизированный [2–5, 11].

В автоматическом режиме функционирования на космонавта возлагаются задачи контроля технических параметров АРТС КН и качества выполнения полетных операций (ПО), а также выбор программ выполнения одной или нескольких ПО и отображения результатов автоматического функционирования АРТС КН [2–5, 11].

В автоматизированном режиме функционирования на космонавта возлагается участие в решении всех основных задач, связанных с выполнением ПО [2–5, 11].

4.2. Распределение функций между космонавтом и АРТС КН, различающимися по режимам взаимодействия

Режимы взаимодействия космонавта с АРТС КН подразделяются на полуавтоматический, диалого-редактирующий, диалого-управляющий, супервизорный, копирующий [2–5, 11].

В полуавтоматическом режиме функционирования космонавт осуществляет выбор программ функционирования и отображения, а также задание исходных данных и, при необходимости, их корректировку [2–5, 11].

В диалого-редактирующем режиме космонавт осуществляет выбор программ функционирования и отображения, задание исходных данных, выбор необходимых параметров для функционирования и отображения, контроль процесса восприятия и реализации АРТС КН решения, принятого космонавтом на выполнение ПО в темпе, который соизмерим с темпом обработки информации человеком [2–5, 11].

В диалого-управляющем режиме космонавт осуществляет задание исходных данных, выбор алгоритмов решения задач и корректирует процесс функционирования АРТС КН в темпе, который соизмерим с темпом обработки информации человеком [2–5, 11].

В супервизорном режиме на космонавта возлагаются задачи переключения с одной автоматически выполняемой ПО на другую в необходимой для выполнения конкретной задачи (циклограммы, алгоритма), последовательности, с учетом складывающейся обстановки. При этом, автоматические действия АРТС КН по решению конкретной задачи могут производиться либо по жесткой программе, либо по гибкой с адаптацией к обстановке (адаптивные программы с использованием очувствления, самонаведения и т. п.) [2–5, 11].

В копирующем режиме космонавт воздействует на процесс функционирования АРТС КН применением задающего устройства с дистанционным управлением в виде экзоскелета (управляющего костюма со шлемом виртуальной реальности), надеваемого на космонавта, обеспечивающего выполнение точных и надежных манипуляций, приближающихся к моторике естественных движений рук и пальцев человека [2–5, 11].

Таким образом, применительно к организационной составляющей «распределение функций между космонавтом и АРТС КН», возможны следующие способы использования:

- а) использование автоматической АРТС КН;
- б) использование автоматизированной АРТС КН;
- в) использование АРТС КН в полуавтоматическом режиме;
- г) использование АРТС КН в диалого-редактирующем режиме;
- д) использование АРТС КН в диалого-управляющем режиме;
- е) использование АРТС КН в супервизорном режиме;
- ж) использование АРТС КН в копирующем режиме.

5. Загруженность космонавта в копирующем режиме

Показатели загруженности космонавтов, работающих в качестве оператора АРТС КН в копирующем режиме, регламентируются ГОСТ В 29.04.002-84 и определяются коэффициентом загруженности оператора-космонавта, с которым взаимосвязан коэффициент темповой напряженности [1].

Коэффициент нормальной загруженности оператора-космонавта должен быть в пределах от 0,3 до 0,8 [1]. Оптимальное значение коэффициента загруженности варьируются от 0,60 до 0,75 [1].

Коэффициент темповой напряженности выполнения одной или нескольких ПО должен быть не более 2,0 при продолжительности функционирования до 20 мин; 1,5 – при продолжительности функционирования до 1,0 ч; 1,2 – при продолжительности функционирования до 2,5 ч и 1,0 при продолжительности функционирования до 4,0 ч [1].

Показатели, входящие в области загруженности, могут быть использованы с учетом возможностей космонавта по выполнению комплекса ПО в копирующем режиме. Области загруженности определены по результатам исследований, выполненных в НИИ ЦПК, на основании сформированных графиков зависимости коэффициентов загруженности и темповой напряженности космонавта от времени выполнения ПО [9].

Область эксплуатационной загруженности космонавта ограничена значениями коэффициента загруженности от 0,75 до 0,8. Этой области соответствует пропускная способность от 0,5 до 0,48 элементов полетных операций¹ (ЭПО) в минуту. Функционирование космонавта в области эксплуатационной загруженности целесообразно при выполнении комплекса плановых полетных операций [9].

Область максимальной загруженности космонавта ограничена значениями коэффициента загруженности от 0,8 (исключительно) до единицы. Этой области соответствует пропускная способность от 0,51 до 0,63 ЭПО в минуту. Функционирование космонавта в области максимальной загруженности целесообразно при экстренном выполнении ПО и при нейтрализации аварийных и нештатных ситуаций [9].

Область нормальной загруженности космонавта ограничена значениями коэффициента загруженности от 0,3 до 0,8. Этой области соответствует пропускная способность от 0,19 до 0,5 ЭПО в минуту. Функционирование космонавта в области нормальной загруженности целесообразно при обучении выполнению полетных операций [9].

Область оптимальной загруженности космонавта ограничена значениями коэффициента загруженности от 0,6 до 0,75. Этой области соответствует пропускная способность от 0,37 до 0,47 ЭПО в минуту. Функционирование космонавта в области оптимальной загруженности целесообразно при выполнении новых ПО повышенной сложности [9].

Таким образом, применительно к организационной составляющей «загруженность космонавта в копирующем режиме», возможны следующие способы использования АРТС КН:

а) использование АРТС КН в режиме эксплуатационной загруженности космонавта;

¹ Элемент полетной операции – минимальная часть полетной операции, являющаяся единым целым, не подлежащим дальнейшему членению в отношении признака «полетная операция» [10].

б) использование АРТС КН в режиме максимальной загруженности космонавта;

в) использование АРТС КН в режиме нормальной загруженности космонавта;

г) использование АРТС КН в режиме оптимальной загруженности космонавта.

6. Организация предъявления информации

Состав отображаемых информационных параметров в виде организованной совокупности предъявляемой информации о состоянии и функционировании АРТС КН и внешней среды представляет собой информационную модель (ИМ) [1, 2, 3].

Информация в ИМ по организации ее предъявления подразделяется на постоянную; по вызову; приоритетную; адаптированную; ввода и контроля данных; программ (режимов) отображения; селекции изображения; детальную; обобщенную; дублирующую; совмещенную; перераспределяемую; представления данных [1, 2, 3].

Сущность организации предъявления информации космонавту при взаимодействии с АРТС КН заключается в следующем.

Постоянно предъявляемая информация представляет собой необходимый набор данных, непрерывно отражающих весь процесс функционирования одной или группы АРТС КН во всех режимах взаимодействия с ней (ними) одного или группы космонавтов [1, 2, 3].

Информация, предъявляемая *по вызову*, представляет собой дополнительный набор данных, отражающих наиболее важные или критичные этапы и элементы процесса функционирования одной или группы АРТС КН во всех режимах взаимодействия с ней (ними) одного или группы космонавтов [1, 2, 3].

Приоритетная информация представляет собой иерархически ранжированную совокупность данных, объединенных целями и задачами функционирования одной или группы АРТС КН во всех режимах взаимодействия с ней (ними) одного или группы космонавтов [1, 2, 3].

Адаптированная информация представляет собой совокупность данных, согласованных по целям и задачам деятельности одной или группы АРТС КН во всех режимах взаимодействия с ней (ними) одного или группы космонавтов [1, 2, 3].

Введенная информация представляет собой совокупность данных, вводимых космонавтом, необходимых для решения задач функционирования одной или группы АРТС КН в некоторых режимах функционирования [1, 2, 3].

Программная информация представляет собой наборы программ с алгоритмами выполнения полетных операций АРТС во всех режимах взаимодействия с космонавтом, а также с алгоритмами контроля процессов их функционирования [1, 2, 3].

Селективная информация представляет собой дополнительный набор данных, распределенных по различным признакам и предъявляемых космонавту в зависимости от обстоятельств и условий взаимодействия АРТС КН с космонавтом [1, 2, 3].

Детальная информация представляет собой модель использования одной АРТС КН в интересах решения определенных для нее целей и задач [1, 2, 3].

Обобщенная информация представляет собой оперативную модель использования группы АРТС КН в интересах решения определенных для них общих целей и задач [1, 2, 3].

Дублирующая информация представляет собой наиболее важную однородную информацию, закодированную с использованием нескольких различных способов, для повышения надежности привлечения к ней внимания космонавта, взаимодействующего с АРТС КН [1, 2, 3].

Совмещенная информация представляет собой комбинацию полной и сокращенной информации, представляющей весь процесс функционирования одной или группы АРТС КН во всех режимах взаимодействия с ней (ними) одного или группы космонавтов [1, 2, 3].

Перераспределенная информация представляет собой наборы данных, которые могут оперативно перераспределяться между космонавтами, взаимодействующими с группой АРТС КН, с учетом обеспечения оптимальных значений параметров по равномерности загрузки между ними и АРТС КН [1, 2, 3].

Представленная информация – это наборы данных, обеспечивающих космонавта, взаимодействующего с АРТС КН, информацией в удобном для космонавта виде (символы, графики, таблицы и т.д.) [1, 2, 3].

Таким образом, применительно к организационной составляющей «организация предъявления информации», возможны следующие способы:

- а) предъявление постоянной информации;
- б) предъявление информации по вызову;
- в) предъявление приоритетной информации;
- г) предъявление адаптированной информации;
- д) предъявление введенной информации;
- е) предъявление программной информации;
- ж) предъявление селективной информации;
- з) предъявление детальной информации;
- и) предъявление обобщенной информации;
- к) предъявление дублирующей информации;
- л) предъявление совмещенной информации;
- м) предъявление перераспределяемой информации;
- н) предъявление представленной информации.

7. Форма предъявления информации

Информация в ИМ по форме ее предъявления подразделяется на статическую; динамическую; качественную; количественную; визуальную; акустическую [4, 5].

Сущность формы предъявления информации космонавту при взаимодействии с АРТС КН заключается в следующем.

Статическая информация, предъявляемая космонавту, должна обеспечивать формирование у него представления о фоновой обстановке и константных параметрах, характеризующих процессы управления АРТС КН [4, 5].

Динамическая информация, предъявляемая космонавту, должна обеспечивать формирование у него представления о пространственном и временном развитии процессов управления АРТС КН [4, 5].

Качественная информация, предъявляемая космонавту, должна содержать данные, предупреждающие о событиях, указывающих о действиях, важности фактов и их взаимосвязи, тенденциях, цикличности, последовательности, синхронности и неравномерности изменений [4, 5].

Количественная информация, предъявляемая космонавту, должна содержать данные о значениях, пропорциях, отношениях независимых и зависимых величин, об абсолютных, относительных изменениях и их продолжительности [4, 5].

Визуальная информация, предъявляемая космонавту, должна обеспечивать его основной информацией, необходимой для достижения целей и решения задач функционирования одной или группы АРТС КН во всех режимах взаимодействия с ней (ними) одного или группы космонавтов [4, 5].

Акустическая информация, предъявляемая космонавту, должна обеспечивать его дополнительной командной и предупреждающей информацией в форме звуковых сигналов и речевых сообщений [4, 5].

Таким образом, применительно к организационной составляющей «форма предъявления информации», возможны следующие способы:

- а) предъявление статической информации;
- б) предъявление динамической информации;
- в) предъявление качественной информации;
- г) предъявление количественной информации;
- д) предъявление визуальной информации;
- е) предъявление акустической информации.

8. Предъявление информации по типу режима взаимодействия космонавта с АРТС КН

Информация в ИМ по типу режима взаимодействия космонавта с АРТС КН предъявляется в виде экранной оболочки; управляемых (обслуживаемых) процессов; средств реализации управленческих решений; отклика (обратной связи); подсказки (помощи); диалога (человеко-машинного интерфейса); подыгрыша (тренировки); оценки качества деятельности и загрузки космонавта [2, 3, 5].

Сущность предъявления информации по типу режима взаимодействия космонавта с АРТС КН заключается в следующем.

Предъявление информации *экранной оболочки* заключается в обеспечении космонавта воспринимаемой визуальной информацией, отображаемой на экране средства предъявления информации [2, 3, 5].

Предъявление информации об *управляемых (обслуживаемых) процессах* заключается в обеспечении космонавта информацией, сформированной в реальном масштабе времени с заданным темпом обновления [2, 3, 5].

Предъявление информации о *средствах реализации управленческих решений* заключается в обеспечении космонавта информацией о необходимых средствах воздействия на процесс автоматизированного сбора и обработки данных для принятия решения, о способах реализации принятого решения, о рациональных способах адресации при вводе команд управления, об оптимальных схемах реализации управленческих действий, минимизирующих временные затраты и ошибки [2, 3, 5].

Предъявление информации *отклика (обратной связи)* заключается в обеспечении космонавта информацией, характеризующей факты его взаимодействия с вычислительными комплексами, техническими средствами деятельности, средствами предъявления информации, средствами воздействия в процессе функционирования АРТС [2, 3, 5].

Предъявление информации *подсказки (помощи)* заключается в обеспечении космонавта дополнительной информацией по его запросу или без запроса по всему перечню вопросов, касающихся процесса функционирования АРТС КН во всех режимах взаимодействия с ней космонавта [2, 3, 5].

Предъявление информации *диалога (человеко-машинного интерфейса)* заключается в обеспечении космонавта информацией о сформированном взаимодействии с вычислительными комплексами, техническими средствами деятельности, средствами предъявления информации, средствами воздействия с учетом особенностей реализованного режима взаимодействия в процессе функционирования АРТС КН [2, 3, 5].

Предъявление информации *подыгрыша (тренировки)* заключается в обеспечении космонавта информацией о реализации режимов подыгрыша ситуациями управляемых эпизодов и тренировки космонавтов в режимах взаимодействия с АРТС КН по этим эпизодам и ситуациям [2, 3, 5].

Предъявление информации *оценки качества деятельности и загруженности* заключается в обеспечении космонавта информацией о сформированных базах данных о деятельности, развернутой во времени, а также расчетами показателей качества деятельности и загруженности на заданных промежутках времени и выдачу по запросу их значений для анализа [2, 3, 5].

Таким образом, применительно к организационной составляющей «предъявление информации по типу режима взаимодействия космонавта с АРТС КН», возможны следующие способы:

- а) предъявление информации экранной оболочки;

- б) предъявление информации об управляемых (обслуживаемых) процессах;
- в) предъявление информации о средствах реализации управленческих решений;
- г) предъявление информации отклика (обратной связи);
- д) предъявление информации подсказки (помощи);
- е) предъявление информации диалога (человеко-машинного интерфейса);
- ж) предъявление информации подыгрыша (тренировки);
- з) предъявление информации оценки качества деятельности и загрузки космонавта.

Таким образом, владея комплексом способов использования АРТС КН по каждой из рассмотренных организационных составляющих, космонавт может формировать варианты взаимодействия с АРТС КН.

Методика выбора вариантов взаимодействия космонавта с антропоморфными робототехническими системами космического назначения

Под *вариантом* взаимодействия космонавта с АРТС КН понимается одна из возможных комбинаций набора способов использования АРТС КН, возможных для реализации в конкретных условиях функционирования [11].

Под методикой выбора вариантов взаимодействия космонавта с АРТС понимается упорядоченная совокупность действий, направленных на рациональное решение задач внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности (под рациональностью, в данном случае, понимается *наиболее целесообразное решение задачи применительно к заданным (или реальным) условиям*).

Первое действие. Сведение способов использования АРТС КН, в зависимости от их организационной составляющей, в таблицу.

Второе действие. Разработка формул вариантов взаимодействия космонавта с АРТС в соответствии с решаемой задачей.

Разработка формул вариантов взаимодействия космонавта с АРТС в соответствии с решаемой задачей производится космонавтом с использованием данных, сведенных в таблицу.

Примеры разработки формул вариантов приведены ниже.

Пример 1.

Космонавту необходимо по плану внутрикорабельной деятельности разработать формулы вариантов взаимодействия космонавта с АРТС для выполнения задачи, состоящей из нескольких последовательно выполняемых ПО.

Способы использования АРТС КН

Номер	Признак способа использования АРТС	Способ использования АРТС
1	Количество АРТС, используемых для решения задач	1А) Групповое использование АРТС КН
		1Б) Одиночное использование АРТС КН
2	Время, необходимое для решения задач АРТС	2А) Одновременное использование АРТС КН
		2Б) Последовательное использование АРТС КН
3	Уровень сложности задач, решаемых АРТС	3А) Использование однотипных АРТС КН
		3Б) Использование разнотипных АРТС КН
4	Распределение функций между космонавтом и АРТС	4.1А) Автоматический
		4.1Б) Автоматизированный
		4.2А) Полуавтоматический
		4.2Б) Диалого-редактирующий
		4.2В) Диалого-управляющий
		4.2Г) Супервизорный
5	Загруженность космонавта в копирующем режиме	4.2Д) Копирующий
		5А) Использование АРТС КН в режиме эксплуатационной загруженности космонавта
		5Б) Использование АРТС КН в режиме максимальной загруженности космонавта
		5В) Использование АРТС КН в режиме нормальной загруженности космонавта
		5Г) Использование АРТС КН в режиме оптимальной загруженности космонавта
6	Организация предъявления информации	6А) Предъявление постоянной информации
		6Б) Предъявление информации по вызову
		6В) Предъявление приоритетной информации
		6Г) Предъявление адаптированной информации
		6Д) Предъявление введённой информации
		6Ж) Предъявление программной информации
		6И) Предъявление селективной информации
		6К) Предъявление детальной информации
		6Л) Предъявление обобщённой информации
		6М) Предъявление дублирующей информации
		6Н) Предъявление совмещённой информации
		6П) Предъявление перераспределяемой информации
		6Р) Предъявление представленной информации
		7
7Б) Предъявление динамической информации		
7В) Предъявление качественной информации		
7Г) Предъявление количественной информации		
7Д) Предъявление визуальной информации		
7Ж) Предъявление акустической информации		
8	Предъявление информации по типу режима взаимодействия космонавта с АРТС	8А) Предъявление информации экранной оболочки
		8Б) Предъявление информации об управляемых (обслуживаемых) процессах
		8В) Предъявление информации о средствах реализации управленческих решений
		8Г) Предъявление информации отклика (обратной связи)
		8Д) Предъявление информации подсказки (помощи)
		8Ж) Предъявление информации диалога (человеко-машинного интерфейса)
		8И) Предъявление информации подыгрыша (тренировки)
		8К) Предъявление информации оценки качества деятельности и загруженности космонавта

Для разработки формул вариантов используются данные, сведенные в таблицу.

Вариант 1.1: 1Б + 4.1Б + 4.2Д + 5А + 6А + 7А + 7Б + 7Д + 7Ж + 8А + 8Б + 8Г + 8Д + 8К.

Вариант 1.2: 1Б + 4.1Б + 4.2Б + 6А + 6К + 6И + 7А + 7Б + 7Д + 7Ж + 8В + 8Г.

Вариант 1.3: 1Б + 4.1Б + 4.2Б + 6Б + 6К + 6М + 7А + 7Б + 7Д + 7Ж + 8В + 8Г.

Вариант 1.4: 1Б + 4.1Б + 4.2В + 6В + 6К + 6Н + 7А + 7Б + 7Д + 7Ж + 8В + 8Г.

Вариант 1.5: 1Б + 4.1Б + 4.2Г + 6Д + 6К + 6П + 7А + 7Б + 7Д + 7Ж + 8В + 8Г.

Вариант 1.6: 1Б + 4.1А + 4.2А + 6В + 7Д + 8Б.

Вариант 1.7: 1Б + 4.1А + 4.2Г + 6Ж + 7Ж + 8Б.

И так далее.

Пример 2.

Космонавту необходимо по плану напланетной деятельности разработать варианты применения АРТС КН для выполнения нескольких независимых друг от друга разнообразных задач различного уровня сложности, состоящих из большого количества операций.

Для разработки формул вариантов используются данные, сведенные в таблицу.

Вариант 2.1: 1А + 2А + 3Б + 4.1А + 4.2Г + 4.1Б + 4.2В + 6Б + 6В + 6Г + 6Л + 7А + 7Б + 7Д + 8Б + 8В.

Вариант 2.2: 1А + 2А + 3Б + 4.1А + 4.2А + 6А + 6Л + 6Р + 7В + 7Ж + 8В.

Вариант 2.3: 1А + 2А + 3Б + 4.1Б + 4.2А + 6Б + 6В + 6Г + 6Л + 7А + 7Б + 7Д + 8Б + 8В.

Вариант 2.4: 1А + 2А + 3Б + 4.1Б + 4.2Б + 6Д + 6В + 6Л + 6М + 7Г + 7Б + 8В + 8Ж.

Вариант 2.5: 1А + 2А + 3Б + 4.1Б + 4.2В + 6Б + 6В + 6Г + 6Л + 7А + 7Б + 7Ж + 8Б + 8Ж.

Вариант 2.6: 1А + 2А + 3Б + 4.1Б + 4.2Г + 6Б + 6В + 6Г + 6Л + 7А + 7Ж + 7Д + 8Б + 8И.

И так далее.

Третье действие. Формулирование вариантов взаимодействия космонавта с АРТС.

На основе полученных формул формулируются варианты взаимодействия космонавта с АРТС, например.

Вариант 1.1: Одиночное использование автоматизированной АРТС КН в копирующем режиме, с эксплуатационной загруженностью космонавта, с организацией предъявления постоянной информации в статической, динамической, визуальной и акустической формах, с информационным взаимодействием по типу предъявления информации экранной оболочки, об управляемых процессах, отклика, подсказки, оценки качества деятельности и загруженности космонавта.

Вариант 1.2: Одиночное использование автоматизированной АРТС КН в диалого-редактирующем режиме, с организацией предъявления постоянной, детальной, селективной информации в статической, динамической, визуальной и акустической формах, с информационным взаимодей-

ствием по типу предъявления информации о средствах реализации управленческих решений и отклика.

И так далее.

Вариант 2.1: Групповое, одновременное использование разнотипных автоматических АРТС КН в супервизорном режиме и автоматизированных АРТС КН в диалого-управляющем режиме, с организацией предъявления информации по вызову, приоритетной, адаптированной, обобщенной в статической, динамической и визуальной формах, с информационным взаимодействием по типу предъявления информации об управляемых процессах и о средствах реализации управленческих решений и отклика.

Вариант 2.2: Групповое, одновременное использование разнотипных автоматических АРТС КН в полуавтоматическом режиме, с организацией предъявления постоянной, обобщенной, представленной информации в качественной и акустической формах, с информационным взаимодействием по типу предъявления информации о средствах реализации управленческих процессов.

И так далее.

Четвертое действие. Определение рационального варианта взаимодействия космонавта с АРТС КН.

Определение рационального варианта взаимодействия космонавта с АРТС КН возможно с использованием ряда методов, например, сравнения и выбора «оценочные баллы», эвристической стратегии, матрицы решений и других.

В данной статье определение рационального варианта взаимодействия космонавта с АРТС выполняется на основании определения наиболее высокого показателя эффективности функционирования.

Определение эффективности функционирования робототехнических систем (в том числе и применительно к АРТС КН) в данной статье выполняется в соответствии с ГОСТ Р 54344-2011 (Приложение 3) [6].

За показатель эффективности функционирования одной АРТС КН принимается вероятность выполнения задачи по плану внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности ($P(t_{on})$) за оперативное время (t_{on}) [6].

$P(t_{on})$ вычисляется по формуле [6]:

$$P(t_{on}) = K_r P_{ц}(t_{on}), \quad (1)$$

где K_r – коэффициент готовности выбранной АРТС КН к работе; $P_{ц}(t_{on})$ – вероятность успешного функционирования АРТС КН в процессе выполнения задачи, которая вычисляется по формуле [6]:

$$P_{ц}(t_{on}) = P_T(t_{on}) \prod P_{Ai}(t_i), \quad (2)$$

где $P_T(t_{on})$ – вероятность безотказной работы АРТС КН в реальных условиях внекорабельной, внутрикорабельной или напланетной деятельности; $P_{Ai}(t_i)$ – вероятность выполнения i -той задачи за время t_i автоматической или автоматизированной АРТС КН в полуавтоматическом, диалого-редактирующем, диалого-управляющем, супервизорном или копирующем режиме.

$P_{Ai}(t_i)$ вычисляется по формуле [6]:

$$P_{Ai}(t_i) = P_{\sigma}(t_i)P_{ce}(t_i), \quad (3)$$

где $P_{\sigma}(t_i)$ – вероятность безошибочного выполнения i -той задачи за время t_i автоматической или автоматизированной АРТС КН в полуавтоматическом, диалого-редактирующем, диалого-управляющем, супервизорном или копирующем режиме; $P_{ce}(t_i)$ – вероятность своевременного выполнения i -той задачи за время t_i автоматической или автоматизированной АРТС КН в полуавтоматическом, диалого-редактирующем, диалого-управляющем, супервизорном или копирующем режиме.

$P_{ce}(t_i)$ вычисляется по формуле [6]:

$$P_{ce}(t_i) = P(t_i \leq T_{доп}), \quad (4)$$

где $T_{доп}$ – допустимое (нормативное) время для выполнения i -той задачи за время t_i .

Если варианты взаимодействия космонавта с АРТС предусматривают групповое использование АРТС КН, то вероятность выполнения задачи по плану внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности несколькими ($P_N(t_{on})$) за оперативное время (t_{on}) определяется по формуле:

$$P_N(t_{on}) = 1 - (1 - P_1(t_{on}))(1 - P_2(t_{on}))(1 - P_k(t_{on})), \quad (5)$$

где $P_1(t_{on})$ – вероятность выполнения задачи по плану внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности первой из группы АРТС КН; $P_2(t_{on})$ – вероятность выполнения задачи по плану внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности второй из группы АРТС КН; $P_k(t_{on})$ – вероятность выполнения задачи по плану внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности k -той из группы АРТС КН.

Таким образом, использование методики выбора вариантов взаимодействия космонавта с АРТС КН способствует рациональному решению задач внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности в заданных или реальных условиях.

Вывод

Разработанная методика выбора вариантов взаимодействия космонавта с АРТС КН может лечь в основу для создания экспертной системы поддержки принятия решения (ЭСППР) выбора эффективных вариантов рационального решения задач внутрикорабельной, внекорабельной или напланетной деятельности в заданных или реальных условиях.

Данная ЭСППР может представлять собой интерактивную автоматизированную систему, целью которой будет являться оказание помощи космонавту, на выбор наиболее целесообразного (для заданных или реальных условий) варианта – на основе решений многокритериальных неструктурированных и слабоструктурированных задач.

ЭСППР должна обладать возможностью работать с интерактивными запросами с достаточно простым языком. Для анализа и выработок предложений в ЭСППР возможно использование следующих методов: информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, ситуационный анализ.

ЭСППР должна обладать следующими основными характеристиками: использовать и данные, и модели; предназначаться для помощи космонавту в принятии решений для слабоструктурированных и неструктурированных задач; поддерживать (но не заменять) выработку решений космонавтом; повышать эффективность выработки решений космонавтом.

Вопрос создания ЭСППР планируется автором к рассмотрению в процессе последующих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ В 29.04.002-84. Алгоритм и структура деятельности оператора.
- [2] ГОСТ РВ 29.05.012-99. Информационное обеспечение деятельности операторов вооружения и военной техники. Общие эргономические требования.
- [3] ГОСТ РВ 29.04.003-2004. Модели информационные образцов вооружения и военной техники. Общие эргономические требования.
- [4] ГОСТ РВ 29.00.003-96. Номенклатура, порядок и методы обоснования эргономических требований.
- [5] ГОСТ 15971-90. Системы обработки информации.
- [6] ГОСТ Р 54344-2011. Техника пожарная. Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний.
- [7] Сорокин В.Г. Анализ процесса восприятия и реализации решения, принятого оператором-космонавтом, на выполнение полетной операции антропоморфной робототехнической системой при внутрикорабельной деятельности // Тезисы докладов XI Международной научно-практической конференции 10–12 ноября 2015 года. – Звездный городок, 2015. – С. 35–36.
- [8] Применение антропоморфных робототехнических систем для поддержки деятельности экипажей перспективных пилотируемых комплексов / Сорокин В.Г., Сохин И.Г., Крючков Б.И. // Тезисы докладов 8 Международного аэрокосмического конгресса. – М., 2015. – С. 404–405.

- [9] Сорокин В.Г. Прогнозирование областей загруженности оператора-космонавта при выполнении полетных операций во взаимодействии с антропоморфной робототехнической системой космического назначения в копирующем режиме деятельности // Тезисы докладов Научно-практической конференции с международным участием «Космонавтика XXI века» 29–30 ноября 2016 года. – ЦНИИМаш, 2016.
- [10] Сорокин В.Г., Сохин И.Г. Возможные области применения антропоморфных роботов-помощников экипажей в отсеках перспективных космических комплексов // Пилотируемые полеты в космос. – 2015. – № 4(17). – С. 71–79.
- [11] Сорокин В.Г. Концептуальные особенности профессионального взаимодействия космонавта с автономным антропоморфным роботом космического назначения // Тезисы докладов XII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 24–26 октября 2017 года. – Звездный городок, 2017. – С. 9–11.

REFERENCES

- [1] State Standard B 29.04.002-84. Algorithm and structure of operator activity.
- [2] State Standard PB 29.05.012-99. Informational support of activity of the arms and military hardware operators. General ergonomic requirements.
- [3] State Standard PB 29.04.003-2004. Information models of the arms and military hardware. General ergonomic requirements.
- [4] State Standard PB 29.00.003-96. Nomenclature, order and methods of reasoning the ergonomic requirements.
- [5] State Standard 15971-90. Information processing systems.
- [6] State Standard P 54344-2011. Fire engineering. Mobile robotic complexes designed for rescue operations and firefighting. Classification. General specification. Testing methods.
- [7] Sorokin V.G. Analysis of the process of making and implementation of the decision on an activation of an anthropomorphic robotic system by a cosmonaut-operator during intravehicular activity // Abstracts of reports, 11th International Scientific and Practical Conference, November 10–12, 2015. – Star City, 2015. – P. 35–36.
- [8] Use of humanoid robotic systems to assist the crews of future manned complexes / Sorokin V.G., Sokhin I.G., Kryuchkov B.I. // Abstracts of reports, 8th International Aerospace Congress. – M., 2015. – P. 404–405.
- [9] Sorokin V.G. Forecasting of workload field of a cosmonaut-operator while performing flight operations in cooperation with an anthropomorphic robotic system in a master-slave mode // Abstracts of reports of the International Scientific and Practical Conference “Astronautics in the 21th Century”, November 29–30, 2016. – TsNII-Mash, 2016.
- [10] Sorokin V.G., Sokhin I.G. Possible fields of use of anthropomorphic robotic assistants for crews inside future space complexes // Manned Space Flights. – 2015. – № 4(17). – P. 71–79.
- [11] Sorokin V.G. Conceptual features of professional interaction of a cosmonaut with an autonomous anthropomorphic robot of space purpose // Abstracts of reports, 12th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights”, October 24–26, 2017. – Star City, 2017. – P. 9–11.

УДК 771.313+520.6.07

**К ВОПРОСУ О ПЕРИОДИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ
БОРТОВЫХ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ
ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Д.Ю. Щербинин

Канд. техн. наук Д.Ю. Щербинин (Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук)

В статье описан подход к делению процесса развития космических бортовых средств регистрации визуальной информации пилотируемых космических аппаратов на основные периоды, качественно отличающиеся друг от друга в соответствии с объективными закономерностями технической эволюции. Периодизация выполнена на основании анализа развития данных технических средств с 1961 по 2000 гг. Представлена хронология появления в составе бортового оборудования специализированных и неспециализированных средств кино-, фотосъемки, которые наиболее активно использовались на борту пилотируемых космических аппаратов в данный исторический период.

Ключевые слова: космическая киносъемка, космические средства регистрации визуальной информации, пилотируемые полеты в космос, космическая фототехника.

The Problem of the Periodization of the Development of Onboard Means for Recording Visual Information of Manned Spacecraft.**D.Yu. Shcherbinin**

The paper describes an approach to the division of the process of developing onboard means for recording visual information of manned spacecraft into the main qualitatively different periods in accordance with the objective laws of technical evolution. Periodization was carried out on the basis of an analysis of the development of data of technical means from 1961 through 2000. The chronology of equipping manned space vehicles with new special-purpose and general-purpose photo and video cameras most actively used during the said historical period is given.

Keywords: space filming, space means for recording visual information, manned space flights, space photographic equipment.

Становление и развитие бортовых средств регистрации визуальной информации (СРВИ) неразрывно связано с историей отечественной пилотируемой космонавтики. Представления о возможностях использования кино-, фотосредств в космосе сложились в 50–60 годах XX века во время беспилотных суборбитальных полетов. Беспилотные пуски подтвердили на практике возможность пилотируемых космических полетов, позволили получить первые объективные данные об околоземном космическом пространстве. В дальнейшем, с конца 1960-х годов до 2000 года в отечественной пилотируемой космонавтике происходило постоянное изменение со-

става и конструкции бортовых СРВИ, а также создание новых технических устройств. При этом зарубежные технические средства и технические решения оказали на этот процесс существенное влияние. Во многом благодаря тому, что космическая кино-, фототехника впитывала в себя мировые технические достижения, она позволяла решать научные, хозяйственные и оборонные задачи, возлагаемые на пилотируемые полеты в СССР. Интеграция отечественного и зарубежного опыта происходила тремя путями: за счет использования серийной отечественной аппаратуры, созданной на базе зарубежных образцов; за счет использования кино-, фото-, видеотехники иностранного производства; путем разработки и производства техники с зарубежными предприятиями и организациями. Выбор того или иного варианта определялся техническими, экономическими и иногда политическими факторами. На основании этого необходимо рассматривать развитие СРВИ пилотируемых космических аппаратов (ПКА) в диалектическом единстве с развитием производства кино-, фото-, видеотехники в стране и за рубежом, опытом применения подобной аппаратуры в космических полетах НАСА, а также с учетом развития беспилотных средств регистрации визуальных данных. Таким образом, длительный интервал использования СРВИ на борту советских/российских пилотируемых космических аппаратов является одним из важных этапов всемирной истории кино-, фото-, видеотехники. Что делает актуальной необходимость проведения всестороннего научно-исторического анализа данного процесса.

Каждый предмет, в том числе и космические СРВИ как подверженный эволюции объект, обладает определенными свойствами, совокупность которых определяет его качество. Диалектическое единство качества и количества проявляется мерой – интервалом количественных изменений, в пределах которого сохраняется качественная определенность предмета. Результатом превышения меры является скачкообразный переход количественных изменений в качественные или переход от одного качественного состояния к иному количественному. Прерывание постепенности развития обусловлено не только внутренними противоречиями предмета (системы), но и внешними причинами. На основании анализа изменений во времени возможно выполнить периодизацию развития космических СРВИ, то есть деление данного процесса на отдельные качественно отличающиеся друг от друга периоды в соответствии с объективными закономерностями или определенными признаками. В качестве факторов, которые положены в основу деления на периоды, могут быть рассмотрены следующие: изменение типа ПКА, изменение количества СРВИ, изменения в технологии регистрации визуальной информации, преобладание тех или иных типов СРВИ. В основу периодизации развития космических СРВИ, предложенной в данной статье, положены количественно-качественные изменения рассматриваемых средств, использовавшихся в отечественной пилотируемой программе. Критерием периодизации выбрано наличие неспециализи-

зированных и специализированных СРВИ на борту ПКА. Неспециализированным СРВИ является средство, разработанное для фиксации и хранения визуальной информации без учета влияния факторов космического полета. Специализированным СРВИ является средство фиксации и хранения визуальной информации, разработанное для решения задач программы космического полета и изготовленное для использования на борту ПКА с учетом влияния на него факторов космического полета.

На этом основании в контексте развития СРВИ с 1961 по 2000 гг. можно выделить три основных периода развития бортовых космических СРВИ: период накопления эмпирических данных с использованием одного неспециализированного средства регистрации визуальной информации; период использования нескольких неспециализированных СРВИ; период использования на борту космических кораблей и орбитальных станций (ОС) специализированных и неспециализированных СРВИ.

Трем вышеперечисленным периодам предшествовал этап беспилотных космических полетов (1946–1961 гг.), связанный со становлением ракетно-космической техники. Во время орбитальных и суборбитальных космических полетов этого этапа СРВИ устанавливались на беспилотных космических кораблях и использовались как средство объективного контроля для регистрации внешней обстановки в автоматическом режиме. Первым устройством для получения визуальной информации, установленным на техническое средство, вышедшее за пределы земной атмосферы, была кинокамера. Киноаппарат был использован и при первых беспилотных ракетных пусках американских ракет V-2 в 1946 году, и во время полетов первых пилотируемых космических кораблей, начиная с «Восток-2». В результате были получены изображения Земли из космоса. 6 августа 1961 года состоялся старт корабля «Восток-2», пилотом-космонавтом которого был Г.С. Титов. Во время суточного полета космонавт провел ряд медицинских и технических экспериментов. Среди задач полета космического корабля «Восток-2» была киносъемка поверхности Земли с борта космического корабля и проверка возможности проведения летчиком-космонавтом наблюдений поверхности Земли с помощью специальных оптических устройств [1].

На борту корабля была установлена репортерская кинокамера «Конвас» отечественного производства для проведения пилотом киносъемки с борта корабля как на обычную пленку, так и на цветную [1].

Состав технических средств космического корабля «Восток-2» включал в себя 35-мм кинокамеру КСР-1 «Конвас», шесть кассет с 300 м пленки, фотоэкспонометр «Ленинград». Кинокамера КСР-1 разработана в 1952 году на предприятии «Москинап» конструктором В.Д. Константиновым (рис. 1). Аппарат обладал зеркальным обтюратором, турелью с тремя объективами и механизмом их перевода с одновременной фокусировкой. Быстросменные кассеты включали в себя весь лентопротяжный механизм камеры, кроме грейфера и передней части фильмового канала. Благодаря



Рис. 1. Кинокамера КСП-1

надежности и удобству в работе «Конвас» был включен в состав бортового оборудования ПКА серии «Восток», начиная со второго полета.

Полет космического корабля «Восход-1», состоявшийся 12–13 октября 1964 года, положил начало новому периоду в развитии СРВИ (1964–1971 гг.). Характерной чертой данного периода стала реализация комплексного подхода в использовании кино-, фототехники для решения научных и прикладных задач визуальных наблюдений в космосе. Экипаж корабля в составе летчиков-космонавтов В.М. Комарова, К.Н. Феоктистова и Б.Б. Егорова выполнил значительный объем научных экспериментов, исследований поверхности Земли, ее атмосферы, околоземного космического пространства с использованием кино- и фотоаппаратуры. В состав бортовых СРВИ полета вошли: фотоаппарат «Ленинград» с объективом «Юпитер», кинокамера «Киев 16С-2» (рис. 2). Результаты исследований, выполненных в полете, вызвали большой научный интерес и позволили сделать ряд новых для того времени выводов. Использование расширенного, по сравнению с оснащением кораблей серии «Восток», состава аппаратных средств за счет включения в него фотокамеры, использование новых методов получения космической информации позволили разработать и реализовать во время полета корабля «Восход-1» обширную программу углубленных исследований на основе кино-, фотоаппаратуры [2].

Тенденция к оснащению ПКА несколькими неспециализированными СРВИ сохранилась при подготовке полета «Восход-2», который состоялся 18–19 марта 1965 года.



Рис. 2. Кинокамера «Киев 16С-2»

К 1971 году десятилетний опыт пилотируемых космических полетов подтолкнул разработчиков к созданию специализированных космических СРВИ. Среди них аппараты для репортажных съемок внутри кабины пилотируемых космических кораблей и для съемок через иллюминатор: кинокамера К1 (16ЛК-К1) (разработка конца 1960-х гг. для космического корабля «Зонд» (7К-Л1)) (рис. 3), кинокамера К3 (16ЛК-К3) (разработка 1971 г.) и К3м (разработка 1976 г.) [3]. Камеры К3 и К3м также использовались для съемки на орбитальных станциях серии «Салют».

Киевским заводом «Арсенал» для съемок на борту советских космических аппаратов была разработана среднеформатная (60x60 мм) фотокамера со шторным затвором «Киев С». Аппарат комплектовался набором объективов с фокусным расстоянием 65, 90 и 300 мм, имел сменные визиры. Заводом «Арсенал» специально для съемок на поверхности Луны была создана 35-мм фотокамера ЛКС. После закрытия лунной программы камера ЛКС была использована в качестве базовой для разработки системы многозональной съемки ЛКСА-3. Система состояла из трех сблокированных камер ЛКС, электрического привода для одновременного спуска затвора и перемотки пленки, комплекта спектральных фильтров и блока управления. Фотосъемка проводилась на черно-белую пленку с использованием светофильтров для выбора различных спектральных зон. Многозональная фотосъемка фотографической системой ЛКСА-3 была проведена впервые во время полета космического корабля «Союз-12» (27–29 сентября 1973 года) космонавтами В.Г. Лазаревым и О.Г. Макаровым.

Для проведения кино-, фотосъемок во время совместного полета советского и американского космических кораблей по программе «Союз»–«Аполлон» (15–21 июля 1975 года) были разработаны и изготовлены киноаппараты КЗА, 16-КМ (рис. 3) и фотоаппарат ФК-6 (разработка 1974 г.) – специальная модель из негорючих материалов на базе фотокамеры «Киев С».

Начало интеграции отечественных и зарубежных кино-, фото-средств было положено во время полета ПКА «Союз-13», который состоялся 18–26 декабря 1973 года. Космонавтами П.И. Климуком и В.В. Лебедевым на борту советского космического аппарата впервые использовалась иностранная фотокамера Hasselblad 500 EL/M (рис. 4).

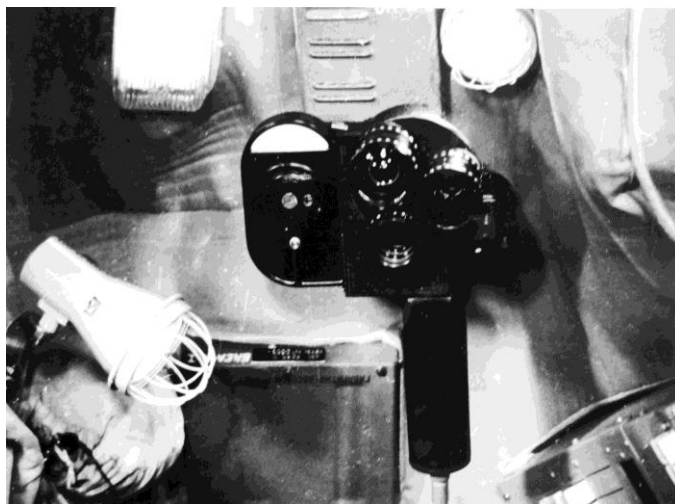


Рис. 3. Кинокамера 16-КМ в кабине космического корабля «Союз»



Рис. 4. Фотоаппарат Hasselblad 500 EL/M

Первым опытом международной кооперации при создании специализированной космической фотоаппаратуры является разработка камеры МКФ-6. Идея многозональной съемки, реализованная ранее в системе ЛКСА-3, получила развитие в совместной разработке Института космических исследований РАН (СССР) и предприятия «Карл Цейс» (ГДР). Аппарат многозональной космической фотосъемки МКФ-6 представляет собой блок из шести синхронизированных фотоаппаратов с фокусным расстоянием оптической системы 125 мм и форматом кадра 55x81 мм для съемки в четырех зонах видимой части спектра и двух ближних инфракрасных зонах. Впервые в космосе многозональный космический фотоаппарат МКФ-6 был использован во время автономного полета ПКА «Союз-22» (15–23 сентября 1976 года) космонавтами В.Ф. Быковским и В.В. Аксеновым. Модифицированный вариант камеры МКФ-6М работал на ОС «Салют-6» (1977–1982 гг.) и «Салют-7» (1982–1991 гг.). Для съемок поверхности Земли на ОС «Салют» (начиная с «Салют-4», 1974–1977 гг.) и «Мир» (1986–2001 гг.) устанавливалась стационарная широкоформатная фотокамера КАТЭ-140 с размером кадра 180x180 мм.

По мере развития программы международного сотрудничества на орбитальных станциях «Салют», а позже на борту станции «Мир», количество иностранной фото-, кино- и видеотехники неуклонно увеличивалось. В августе 1978 года советско-германским экипажем космического корабля «Союз-31» в составе В.Ф. Быковского и З. Йена на станцию «Салют-6» были доставлены фотоаппараты Praktica EE2 и Pentacon Six. Фотоаппараты использовались для репортажной съемки в объеме ОС, а также для съемки через иллюминатор.

В 1984 году космонавтом В.А. Джанибековым во время выхода в открытый космос был использован широкоугольный фотоаппарат Hasselblad SWC.

Программа международного сотрудничества на околоземной орбите «Интеркосмос» (1978–1988 гг.) привела к фактическому прекращению использования отечественной кино- и фототехники в космических полетах.

В 1986 году на борт орбитального комплекса «Мир» был доставлен фотоаппарат Nikon FM2 (разработка 1982 г.) (рис. 5), а в 1990 году – два зеркальных автоматических фотоаппарата Minolta Dynax 8700i с функцией автофокуса и широким набором оптики [4].

С 1990 года на борту ОС «Мир» наряду с другими моделями фототехники использовался фотоаппарат Nikon F4 (разработка 1988 г.).

Этап использования принципиально новых технологических решений в области СРВИ, связанный с появлением и последующим широким внедрением цифровых технологий в области получения, хранения и передачи изображений, начался в 1996 года. 5 мая 1996 года с космодрома Байконур стартовал транспортный корабль «Прогресс-М31», на борту которого находился модульный оптический многоспектральный стереосканер MOMS-2P Немецкого космического агентства (DLR). 26 апреля 1996 года MOMS-2P был установлен на внешней поверхности модуля

«Природа» ОС «Мир». Одной из технологических особенностей стереосканера являлось использование нескольких ПЗС-матриц для фиксации фотоизображений поверхности Земли. Переход СРВИ на новую технологическую платформу продолжился до начала XXI века. В настоящее время цифровые технологии лежат в основе получения, хранения, передачи и обработки визуальной информации.



Рис. 5. Космонавт Г.М. Манаков с фотокамерой Nikon FM2 на борту станции «Мир» (1990 г.)

Таким образом, на основании анализа количественно-качественных изменений хронологически можно выделить следующие периоды развития бортовых СРВИ:

1. Период накопления эмпирических данных с использованием одного неспециализированного средства регистрации визуальной информации (1961–1964 гг.). Период включает в себя два этапа: этап, предшествующий развитию – этап беспилотных космических полетов (1946–1961 гг.), который связан со становлением ракетно-космической техники (во время орбитальных и суборбитальных космических полетов этого периода СРВИ устанавливались на беспилотных космических кораблях и использовалась как средство объективного контроля для регистрации внешней обстановки в автоматическом режиме); этап первых пилотируемых полетов (1961–1964 гг.), связанный с полетами ПКА серии «Восток» (характеризуется использованием одного неспециализированного средства регистрации на борту космического аппарата в качестве средства объективного контроля, управляемого человеком-оператором). Одним из основных результатов периода стало практическое подтверждение предположения о возможности использования человека в качестве оператора СРВИ. При этом была доказана возможность использования СРВИ во время космического полета для получения (регистрации) внешней обстановки и внутрикабинных съемок.

2. Период использования нескольких неспециализированных СРВИ (1964–1971 гг.). Данный период является прямым продолжением предшествующего и связан с полетами кораблей серии «Восход». Отличительная черта – использование на борту ПКА комплектов оборудования из различных неспециализированных СРВИ. Одной из основных задач, решенных в данный период, стало формирование и реализация основных направлений программы научных исследований с использованием СРВИ на борту ПКА.

3. Период использования на борту ПКА специализированных и неспециализированных СРВИ (1971–2000 гг.). Период характеризуется появлением на борту ПКА специально разработанных для условий и задач космических полетов отечественных СРВИ. Начало международного сотрудничества в советской космической программе в этот период позволило использовать зарубежный опыт при создании бортовой кино-, фото-, видеорегистрирующей техники. С 1973 года началось совместное применение отечественных и зарубежных кино- и фотосредств на борту советских ПКА с последующим постепенным вытеснением отечественной аппаратуры (в том числе и специализированной) зарубежными серийными образцами. Другим знаковым событием периода, определившим эволюционное развитие космических СРВИ, стало начало использования с 1996 года на борту ПКА принципиально новых технологических решений в области получения и передачи изображений, связанных с появлением и широким внедрением цифровых технологий.

Название каждого из трех периодов отражает определенную ключевую тенденцию развития СРВИ, преобладание технических средств определенного типа, но всегда есть технические устройства, не отвечающие этой тенденции. Хронологическая точка начала того или иного периода определяется событием, фактом, характеризующим новую тенденцию в развитии космических СРВИ, которая на протяжении последующего времени доминировала и в конце периода определила основной облик бортовых средств регистрации. В рамках предложенной периодизации можно выделить определенные этапы. На переходных этапах происходило совместное использование инновационных и «традиционных» для данного периода технических решений. Поэтому на практике переходы между периодами носят интервальный характер.

Периодизация развития бортовых средств регистрации визуальной информации отечественных пилотируемых космических аппаратов является достаточно условным, но важным способом структурирования фактического исторического материала в хронологической последовательности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Докладная записка Д.Ф. Устинова, Л.В. Смирнова, В.Д. Калмыкова, М.В. Келдыша, П.В. Дементьева, К.С. Москаленко, К.А. Вершинина, С.П. Королева в ЦК КПСС о запуске корабля-спутника «Восток-2» с летчиком-космонавтом на борту. 3 июля 1961 г. // Первый пилотируемый полет. Сборник документов в двух книгах. Кн. 2. – М., 2011. – С. 152.

- [2] Щербинин Д.Ю. Полет корабля-спутника «Восход-1» как ключевой момент в истории научных исследований на борту пилотируемых космических аппаратов // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная конференция (2013 г.). – Т.2: История химико-биологических наук. История наук о земле. Проблемы экологии. История техники и технических наук. – М.: ЛЕНАД, 2013. – С. 345–346.
- [3] <http://www.zenitcamera.com/archive/space/k.html>
- [4] Батурин Ю.М., Щербинин Д.Ю. Ретроспектива кино- и фототехники, используемой при выполнении отечественной пилотируемой программы (1961–2000 гг.) // ВИАТ № 3. – 2011. – С. 87–104.

REFERENCES

- [1] Memorandum for the CPSU Central Committee by Ustinov D.F., Smirnov L.V., Kalmykov V.D., Keldysh M.V., Dementyev P.V., Moskalenko K.S., Vershinin K.A., Koroliov S.P. on the Launch of “Vostok-2” Manned Orbital Spacecraft. July 3, 1961. // First Manned Space Flight. Collection of Documents in Two Books. Book 2. – Moscow, 2011. – P. 152.
- [2] Shcherbinin D.Yu. Mission of “Voskhod-1” Orbital Spacecraft as a Key Moment in the History of Scientific Research Aboard Manned Spacecraft // S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology. Annual Conference (2013). – Vol. 2: History of Chemical and Biological Sciences. History of Earth Sciences. Ecological Problems. History of Engineering and Technical Sciences. – Moscow: LENAD, 2013. – pp. 345–346.
- [3] <http://www.zenitcamera.com/archive/space/k.html>.
- [4] Baturin Yu.M., Scherbinin D.Yu. Retrospective of Video and Photography Equipment Used During Implementation of Domestic Manned Space Program (1961–2000) // VIET № 3. – 2011. – pp. 87–104.

УДК 629.78.007:(083.74)

**АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ
ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ**В.Н. Саев, Ю.А. Виноградов, О.С. Гордиенко, П.П. Долгов,
Г.Д. Орешкин, А.И. Шуров

Докт. техн. наук, доцент В.Н. Саев; канд. техн. наук, ст.н.с. Ю.А. Виноградов; О.С. Гордиенко; канд. техн. наук, ст.н.с. П.П. Долгов; канд. техн. наук, доцент Г.Д. Орешкин; канд. техн. наук А.И. Шуров (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Статья посвящена вопросам актуализации профессиональных стандартов «Космонавт-испытатель», «Специалист по подготовке космонавтов», «Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов». В статье представлены: основание для актуализации профессиональных стандартов, основные этапы актуализации профессиональных стандартов, особенности актуализации каждого профессионального стандарта, обсуждение проектов актуализированных профессиональных стандартов.

Ключевые слова: профессиональный стандарт, космонавт-испытатель, специалист по подготовке космонавтов, специалист по техническим средствам подготовки космонавтов, профессиональная деятельность, трудовая функция, квалификация.

**Actualization of Professional Standards for Specialists in the Field
of Manned Space Exploration. Yu.A. Vinogradov, O.S. Gordienko,
P.P. Dolgov, G.D. Oreshkin, A.I. Shurov**

The paper deals with the issues of actualization of professional standards for “Test cosmonaut”, “Cosmonaut training specialist”, “Cosmonaut training equipment specialist”. The paper contains reasons for the actualization of professional standards, main stages of actualization, features of actualizing each professional standard, and also discussions of projects of the professional standards actualization.

Keywords: professional standard, test cosmonaut, cosmonaut training specialist, cosmonaut training equipment specialist, professional activity, job responsibilities, qualification.

**Основание для актуализации
профессионального стандарта**

В соответствии с письмом Совета по профессиональным квалификациям в ракетной технике и космической деятельности от 21.01.2017 г. № СПК-03 и рекомендациями для анализа профессиональных стандартов [1] в федеральном государственном бюджетном учреждении «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ЦПК имени Ю.А. Гагарина) был произведен анализ утвержденных профессиональных стандартов (ПС) «Космонавт-испытатель» [2], «Специалист по

подготовке космонавтов» [3], «Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов» [4].

В результате проведенного анализа была установлена необходимость актуализации ПС по следующим пунктам Рекомендаций [1]:

п. 5. Указываются ли в наименовании должностей, профессий ПС разряды и категории;

п. 7. Учитывается ли в ПС, что в соответствии с Приказом Росстандарта от 08.12.2016 г. № 2007-ст «О принятии и введении в действие Общероссийского классификатора специальностей по образованию (ОКСО) ОК 009-2016» с 1 июля 2017 года вводится в действие Общероссийский классификатор специальностей по образованию (ОКСО) ОК 009-2016;

п. 8. Коды и наименования видов экономической деятельности указаны в соответствии с ОКВЭД2;

п. 11. Имеются ли в ПС требования к опыту практической работы для выполнения первой обобщенной трудовой функции.

Об этом было сообщено в Совет по профессиональным квалификациям в ракетной технике и космической деятельности.

Основные этапы актуализации профессиональных стандартов

25 августа 2017 года был заключен Договор № 165/17 между Госкорпорацией «Роскосмос» и ЦПК имени Ю.А. Гагарина об оказании экспертно-консультативных услуг по актуализации профессиональных стандартов «Космонавт-испытатель», «Специалист по подготовке космонавтов», «Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов».

Для актуализации профессиональных стандартов распоряжением начальника ЦПК имени Ю.А. Гагарина была создана рабочая группа. В нее входят высококвалифицированные руководители и специалисты, решающие разнообразные задачи подготовки космонавтов, имеющие большой опыт работы в этой сфере деятельности ЦПК имени Ю.А. Гагарина, а именно:

- заместитель начальника Центра по научной работе;
- заместители начальников управлений по научно-исследовательской и испытательной работе;
- начальник службы управления персоналом;
- заместитель начальника отдела кадров.

Возглавлял рабочую группу заместитель начальника Центра по научной работе.

Кроме специалистов, вошедших в состав рабочей группы, к работе над профессиональным стандартом привлечены в качестве экспертов специалисты, имеющие большой опыт работы в данной области.

К экспертам, привлекаемым к актуализации профессионального стандарта, предъявлялись следующие требования. Эксперт должен иметь:

- знания в области нормативно-правового обеспечения процесса разработки и использования профессиональных стандартов, а также специальные знания, требуемые для разработки профессиональных стандартов;
- специальные знания, требуемые для анализа информации, вынесения экспертных суждений, формулирования выводов, составления отчетов, разработки конструктивных предложений;
- знание российской системы отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов, положений действующих в ракетно-космической отрасли регламентов, нормативных документов, определяющих требования к содержанию и качеству профессиональной деятельности, наименований существующих должностей;
- знание основных тенденций и перспектив развития в пилотируемой космонавтике;
- высшее образование, подтвержденное документом установленного образца;
- стаж и опыт практической работы в области пилотируемой космонавтики не менее 5 лет.

Рабочая группа совместно с привлеченными специалистами регулярно проводила заседания, на которых обсуждались вопросы, касающиеся трудовых функций специалистов, уровня их образования, а также объема и сложности работ, выполняемых ими в рамках своих должностных обязанностей.

Актуализация профессионального стандарта «Космонавт-испытатель»

В процессе актуализации в профессиональный стандарт внесены:

- изменения и уточнения кодов ОКЗ в группу занятий и их наименований;
- изменения и уточнения кодов ОКВЭД видов экономической деятельности и их наименований;
- уточнения требований к образованию и обучению;
- уточнения наименований базовых групп, должностей (профессий) или специальностей в дополнительных характеристиках обобщенных трудовых функций (ОТФ).

Актуализация профессионального стандарта «Специалист по подготовке космонавтов»

В существующем профессиональном стандарте охвачены только должности, выполнение работ по которым связано с вредными и опасными условиями труда. Но подготовка космонавтов осуществляется и по многим другим направлениям, таким как конструкция, бортовые системы и оборудование пилотируемых космических аппаратов (ПКА), робототехнические системы, эксплуатация и управление ПКА и транспортными грузовыми

кораблями, выполнение научно-прикладных исследований и экспериментов и др.

Для того чтобы максимально учесть перечисленные обстоятельства, введены новые ОТФ:

3.3. Подготовка космонавтов по конструкции, бортовым системам и оборудованию пилотируемых космических аппаратов, робототехническим системам, эксплуатации и управлению пилотируемыми космическими аппаратами и транспортными грузовыми кораблями, к выполнению научно-прикладных исследований и экспериментов и ее научно-техническое сопровождение.

3.6. Координация подготовки космонавтов по конструкции, бортовым системам и оборудованию пилотируемых космических аппаратов, робототехническим системам, эксплуатации и управлению пилотируемыми космическими аппаратами и транспортными грузовыми кораблями, к выполнению научно-прикладных исследований и экспериментов и ее научно-техническое сопровождение.

Также включены новые ОТФ:

3.9. Организация и контроль проведения подготовки космонавтов по конструкции, бортовым системам и оборудованию пилотируемых космических аппаратов, робототехническим системам, эксплуатации и управлению пилотируемыми космическими аппаратами и транспортными грузовыми кораблями, к выполнению научно-прикладных исследований и экспериментов и ее научно-технического сопровождения, отражающие особенности деятельности по должностям руководителей – «Начальник отдела (лаборатории, отделения)» и «Главный специалист по подготовке космонавтов».

3.10. Организация проведения исследований по вопросам подготовки космонавтов, характеризующая научное сопровождение подготовки космонавтов в процессе организации проведения исследований по комплексному анализу и оценке качества их подготовки, а также в целях изыскания новых принципов, форм и методов подготовки, и представленная должностями ведущий и главный научный сотрудник.

Для учета научной и испытательной составляющей деятельности специалистов по подготовке космонавтов в существующие ОТФ добавлены новые трудовые функции:

3.1.5. Проведение научной работы по ВКД.

3.2.7. Проведение научной работы по проблемам подготовки космонавтов к действиям в условиях опасных и вредных факторов космического полета, после посадки и выполнения ВИ(П)Н.

3.4.5. Координация и проведение научной работы по ВКД.

3.5.7. Координация и проведение научной работы по проблемам подготовки космонавтов к действиям в условиях опасных и вредных факторов космического полета, после посадки и выполнения ВИ(П)Н.

Во всех ОТФ указаны коды ОКСО в соответствии с введенным в действие Общероссийским классификатором специальностей по образованию (ОКСО) ОК 009-2016.

Коды и наименования видов экономической деятельности указаны в соответствии с ОКВЭД2.

Для всех ОТФ определены требования к опыту практической работы и особые условия допуска к работе.

В процессе актуализации профессионального стандарта были уточнены трудовые функции 3.1.1, 3.1.3, 3.2.1, 3.2.2, 3.2.6, 3.4.1, 3.4.3, 3.4.4, 3.5.1–3.5.6, 3.7.2–3.7.5, 3.8.1–3.8.5, которые наиболее полно отражают наименование трудовых функций в соответствии с деятельностью специалистов.

Актуализация профессионального стандарта «Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов»

В процессе актуализации в профессиональный стандарт внесены следующие изменения.

В наименование должностей обобщенной трудовой функции 3.1. «Создание и эксплуатация ТСПК» внесены категории.

Во всех обобщенных трудовых функциях изменены коды ОКСО в соответствии с введенным в действие Общероссийским классификатором специальностей по образованию (ОКСО) ОК 009-2016.

Коды и наименования видов экономической деятельности указаны в соответствии с ОКВЭД2:

Определены требования к опыту практической работы для выполнения первой обобщенной трудовой функции 3.1. «Создание и эксплуатация ТСПК».

Введена новая обобщенная трудовая функция 3.3. «Организация и контроль процессов создания, испытаний и эксплуатации ТСПК».

Обсуждение проектов актуализированных профессиональных стандартов

По результатам проделанной работы подготовлены проекты актуализированных профессиональных стандартов «Космонавт-испытатель», «Специалист по подготовке космонавтов», «Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов».

Для ознакомления широкой аудитории проекты актуализированных профессиональных стандартов были размещены на официальном сайте ЦПК имени Ю.А. Гагарина www.gctc.ru в разделе «О Центре» / «Профессиональные стандарты» и сайте Совета по профессиональным квалификациям в ракетной технике и космической деятельности www.spk-cosmos.ru в разделе «Актуализация профессиональных стандартов».

Материалы о профессиональных стандартах также были размещены в периодическом научно-техническом журнале «Пилотируемые полеты в космос» [5].

Для обсуждения актуализированных профессиональных стандартов были привлечены следующие организации:

– Институт энергетики и транспортных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный индустриальный университет»;

– федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации Институт медико-биологических проблем;

– открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования»;

– открытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Звезда» имени академика Г.И. Северина»;

– профсоюзная организация ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»;

– Российская академия космонавтики имени К.Э. Циолковского;

– федеральное казенное предприятие «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности»;

– общество с ограниченной ответственностью «Центр тренажеростроения и подготовки персонала»;

– федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»;

– открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения».

– федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук;

– федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»;

– общество с ограниченной ответственностью «Авиаком».

При рассмотрении профессиональных стандартов организациями, участвующими в обсуждении проектов ПС, в адрес «ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (разработчика профессионального стандарта) были направлены замечания и предложения по проектам, которые были учтены в окончательной редакции актуализированных ПС.

19 сентября 2017 года состоялось заседание круглого стола по вопросу «Обсуждение проектов профессиональных стандартов в ракетно-космической промышленности». На заседании были заслушаны доклады представителей ЦПК имени Ю.А. Гагарина о ходе работы по актуализации профессиональных стандартов. Было принято решение одобрить в целом представленные проекты профессиональных стандартов и рекомендовать

их, с учетом поступивших замечаний и предложений, к последующему представлению в рабочую группу Совета по профессиональным квалификациям в ракетной технике и космической деятельности.

13 октября 2017 года Совет по профессиональным квалификациям в ракетной технике и космической деятельности (СПК РТ и КД) на своем заседании рассмотрел и одобрил проекты актуализированных стандартов. Совет рекомендовал ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» направить в Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации для утверждения в установленном порядке разработанные, прошедшие профессионально-общественное обсуждение и одобренные СПК РТ и КД проекты актуализированных профессиональных стандартов.

13 октября 2017 года исполнительный директор по персоналу и социальной политике Государственной корпорации «Роскосмос» А.А. Вучкович направила письмо в адрес заместителя министра труда и социальной защиты Российской Федерации Л.Ю. Ельцовой письмо (Исх. № АВ-17154 от 13.10.2017 г.) о том, что профессиональные стандарты, разработаны в соответствии с установленными нормативными требованиями, согласовываются без замечаний.

16.10.2017 г. в адрес заместителя министра труда и социальной защиты Российской Федерации письмо такого же содержания (Исх. № СПК-54) направил председатель СПК РТ и КД Ю.Н. Коптев.

Проекты профессиональных стандартов были направлены в Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации.

Председатель Национального совета при президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям А.Н. Шохин направил в адрес ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» заключение, в котором отмечается следующее:

1. Представленные проекты профессиональных стандартов соответствуют требованиям, установленным порядком рассмотрения и одобрения Национальным советом при президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям проектов профессиональных стандартов.

2. Рекомендовать Министерству труда и социальной защиты Российской Федерации утвердить проекты профессиональных стандартов:

«Космонавт-испытатель»,

«Специалист по подготовке космонавтов»,

«Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Письмо Совета по профессиональным квалификациям в ракетной технике и космической деятельности от 21.01.2017 г. № СПК-03.
- [2] Профессиональный стандарт «Космонавт-испытатель», утвержденный приказом Министерства труда и социальной и социальной защиты Российской Федерации от 08 сентября 2015 г. № 614н, регистрационный номер 498.

- [3] Профессиональный стандарт «Специалист по подготовке космонавтов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01 июля 2015 г. № 420н, регистрационный номер 499.
- [4] Профессиональный стандарт «Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01 июля 2015 г. № 419н, регистрационный номер 497.
- [5] Профессиональные стандарты для специалистов в области пилотируемой космонавтики / Б.И. Крючков, В.Н. Саев, Г.Д. Орешкин, П.П. Долгов, Ю.А. Виноградов, Р.Р. Каспранский // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(22). –2017. – С. 127–133.

REFERENCES

- [1] Letter of Council of January 21, 2017 № СПК-03 for Professional Expertise of Rocket Engineering and Space-related Activities.
- [2] Occupational Standard «Test-cosmonaut», approved by the order № 614н of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation of September 8, 2015, registration number 498.
- [3] Occupational Standard “Specialist for Cosmonaut Training” approved by the order № 420н of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation of July 1, 2015, registration number 499.
- [4] Occupational Standard “Specialist for Cosmonaut Training Facilities” approved by the order № 419н of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation of July 01, 2015, registration number 497.
- [5] Occupational Standards for Specialists in the Field of Manned Space Exploration / B.I. Kryuchkov, V.N. Saev, G.D. Oreshkin, P.P. Dolgov, Yu.A. Vinogradov, R.R. Kaspransky // Manned Space Flights. – № 1(22). – 2017. – pp. 127–133.

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.78(09)

ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ШАТАЛОВ

А.А. Курицын, В.А. Копнин, Д.Е. Рыбкин, О.В. Васильева

Докт. техн. наук А.А. Курицын; В.А. Копнин; Д.Е. Рыбкин; О.В. Васильева
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

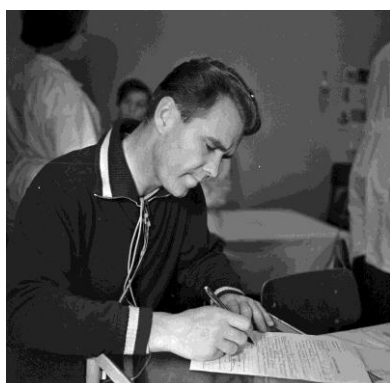
**Vladimir Aleksandrovich Shatalov. A.A. Kuritsyn, V.A. Kopnin,
D.E. Rybkin, O.V. Vasilieva**

8 декабря 2017 года советскому космонавту, генерал-лейтенанту авиации, дважды Герою Советского Союза Владимиру Александровичу Шаталову исполнилось 90 лет. Владимир Александрович является 13-м советским космонавтом и 34-м космонавтом мира, кандидатом технических наук, военным летчиком 1-го класса и космонавтом 1-го класса. Шаталов наряду с Алексеем Станиславовичем Елисеевым стал первым из советских космонавтов, которому удалось совершить три полета в космос.

С детства Владимира Александровича его кумиром был советский летчик-испытатель В.П. Чкалов. Портреты летчика, вырезанные из газет и журналов, хранил как самые дорогие реликвии. Мечтал быть таким же. Потому и выбрал авиацию.

Аттестат о среднем образовании Шаталов получил в 1945 году в Воронежской спецшколе № 6 ВВС, эвакуированной в город Липецк. Затем он поступил в Качинское Краснознаменное ВАУЛ им. А.Ф. Мясникова, которое окончил в 1949 году, а после этого поступил в Краснознаменную Военно-воздушную академию ВС СССР, обучение в которой завершил с отличием в 1956 году.

В этот же период Владимир служил летчиком-инструктором в Качинском военно-авиационном училище, а с 1956 года по 1961 год был заместителем командира эскадрильи, командиром эскадрильи и



заместителем командира авиационного полка. В 1961 году Шаталов был назначен на должность старшего инспектора-летчика отдела боевой подготовки 48-й воздушной армии Одесского военного округа. Его военная карьера развивалась очень успешно. Окончив летное училище лейтенантом в 1949 году, к 1962 году он был уже подполковником. В Одесском военном округе он служил вплоть до 1963 года, пока не был зачислен в отряд космонавтов. С этого момента начинался новый этап в его жизни и карьере.



С этого момента начинался новый этап в его жизни и карьере.

10 января 1963 года приказом Главкома ВВС № 4 В. Шаталов был зачислен в отряд космонавтов Центра подготовки космонавтов (ЦПК ВВС) на должность слушателя-космонавта 1 отряда (2-й набор). Этот набор из 15 человек отличался более солидным возрастом и имел больше опыта за плечами.

С января 1963 года по январь 1965 года Шаталов проходил в ЦПК общекосмическую подготовку, попутно изучая конструкцию, системы и правила эксплуатации действующих космических кораблей. 13 января 1965 года после успешной сдачи экзаменов Владимир Шаталов получил классификацию «космонавт ВВС» и уже 23 января 1965 года был назначен на должность космонавта второго отряда (военные космические программы). Параллельно с этим в январе-марте 1965 года он проходил подготовку в Центре боевого применения ВВС в Липецке, где летал на самолетах МиГ-21у, Ил-14 и Ту-104.

Первый космический полет В. Шаталов осуществил с 14 по 17 января 1969 года в качестве командира космического корабля «Союз-4». Продолжительность полета составила 3 суток 22 часа 50 минут 45 секунд. На время полета он получил позывной «Амур-1». В ходе данного полета впервые было осуществлено ручное сближение и стыковка в космосе с кораблем «Союз-5» (командир Б. Волинов). В состыкованном состоянии корабли летали 4 часа 33 минуты 49 секунд. Таким образом, впервые в истории на орбите была создана экспериментальная космическая станция и осуществлен переход через открытый космос космонавтов А. Елисеева и Е. Хрунова из космического корабля «Союз-5» в «Союз-4», с которыми он возвратился на Землю. Свой первый полет Владимир Шаталов выполнял уже в звании полковника.

Вот как описывает этот полет в своих дневниках генерал Н.П. Каманин: «Все прошло изумительно хорошо, космонавты работали мастерски. Помогать им с Земли не пришлось, мы работали только на прием. Приятно было наблюдать по телевидению уверенное сближение «Союзов», сопровождавшееся увлекательным репортажем В. Шаталова».



22 января 1969 года Указом Президиума Верховного Совета СССР за успешное выполнение космического полета и обеспечение впервые в мире перехода космонавтов из одного космического корабля в другой, совершенного во время орбитального полета кораблей «Союз-4» и «Союз-5», а также проявленное при этом мужество и героизм Владимир Александрович Шаталов был представлен к званию Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая Звезда».

Второй космический полет длился 4 суток 22 часа 50 минут 49 секунд и проходил с 13 по 18 октября 1969 года, и в этот раз Шаталов был командиром космического корабля «Союз-8» с позывным «Гранит-1». В полете участвовали сразу три советских космических корабля: «Союз-6» (В. Кубасов, Г. Шонин), «Союз-7» (В. Горбатко, А. Филипченко и В. Волков) и «Союз-8» (В. Шаталов, А. Елисеев). Советский Союз вновь удивил весь мир, запустив в космос с интервалом в сутки сразу три пилотируемых корабля. В печати три «Союза» нарекли «космической эскадрой», а космонавтов стали называть «великолепной семеркой».

В рамках полета отрабатывалось взаимное маневрирование космических кораблей в ручном режиме управления с использованием автономных навигационных измерений, а также была запланирована стыковка с кораблем «Союз-7», но она не была осуществлена по причине отказа системы сближения и стыковки «Игла» на корабле «Союз-8».

22 октября 1969 года полковник В.А. Шаталов за мужество и героизм, проявленные в этом полете, стал дважды Героем Советского Союза.

Третий полет был самым коротким и длился 1 сутки 23 часа 45 минут 54 секунды. Проходил он с 23 по 25 апреля 1971 года. В.А. Шаталов был командиром космического корабля «Союз-10», позывной после второго полета остался прежним. В полете он работал вместе с А. Елисеевым и с Н. Рукавишниковым. Была выполнена первая в мире стыковка с орбитальной станцией «Салют». Однако из-за поломки стыковочного агрегата корабля не удалось выполнить полное стягивание корабля и станции и обеспечить герметичность стыка. Переход на ОС «Салют» был отменен, выполнена досрочная посадка.

За три полета в космос В.А. Шаталов налетал 9 суток 21 час 57 минут 30 секунд.

В.А. Шаталов выбыл из отряда космонавтов 25 июня 1971 года в связи с назначением на должность помощника Главкома ВВС по подготовке и обеспечению космических полетов. На этой должности проработал 16 лет.

С 1974 года по 1984 год космонавт был депутатом Верховного Совета СССР 9-го и 10-го созывов. С 1987 года по 1991 год Владимир Шаталов возглавлял Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. В 1992 году Владимир Александрович был уволен в запас в звании генерал-лейтенанта авиации.



Владимир Шаталов является автором книги «Трудные дороги космоса», а также соавтором книг «Люди и космос», «Применение ЭВМ в системе управления космическим аппаратом», «Космические будни», «Космос–Земле» и «Космонавты СССР».

Владимир Александрович Шаталов – дважды Герой Советского Союза, лауреат Государственной премии СССР (за программу «Интеркосмос»), награжден более чем полусотней наград, в том числе тремя орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орденом Дружбы, орденом «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР», а также иностранными наградами. Является почетным гражданином городов Калуги, Кургана, Нальчика (Россия), Караганды, Петропавловска (Казахстан), Праги (Чехия), Хьюстона (США). Один из кратеров на обратной стороне Луны назван именем Владимира Шаталова. Бронзовый бюст дважды Героя Советского Союза В.А. Шаталова установлен в городе Петропавловске.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Всемирная энциклопедия космонавтики. В 2-х томах. – М.: ООО «Военный Парад», 2011. – 620 с.
- [2] Космонавты СССР / В.А. Шаталов, М.Ф. Ребров. – 3 изд., доп. – М.: «Просвещение», 1980. – 206 с.
- [3] Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди. – М: Издательство «РТСофт», 2005 – 752 с.
- [4] Электронный ресурс <https://ru.wikipedia>.

REFERENCES

- [1] World Encyclopedia of Cosmonautics. 2 volumes. – M.: Ltd company “Military Parade”, 2011. – 620 pp.
- [2] Cosmonauts of the USSR / V.A. Shatalov, M.F. Rebrov. – 3d Ed., add. – M.: “Prosveshchenie”, 1980. – 206 pp.
- [3] World Manned Space Exploration. History. Hardware. People. – M: Publishing house “RTSoft”, 2005 – 752 pp.
- [4] Electronic resource <https://ru.wikipedia>.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») с 2011 года издает научный журнал «Пилотируемые полеты в космос» по широкому кругу проблем, связанных с тематикой пилотируемых полетов в космос. В журнале публикуются работы по следующим областям: результаты выполнения и обеспечения пилотируемых космических программ; отбор, подготовка и реабилитация космонавтов после выполнения космических полетов; обеспечение безопасного пребывания космонавтов на орбите; научно-прикладные исследования и эксперименты в космосе и на Земле; создание и модернизация космической техники и наземных технических средств, применяемых для подготовки космонавтов; внедрение результатов космической деятельности; образовательные программы по тематике пилотируемой космонавтики.

С 1 декабря 2015 года журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденный Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации (ВАК) (письмо о Перечне рецензируемых научных изданий от 01.12.2015 № 13-6518), по следующим специальностям:

05.13.00 – информатика, вычислительная техника и управление;

05.26.00 – безопасность деятельности человека;

05.07.00 – авиационная и ракетно-космическая техника.

Приглашаются к сотрудничеству ученые и специалисты в различных областях, а также начинающие авторы.

Конструктивная и доброжелательная критика специалистов на страницах журнала призвана способствовать повышению уровня и качества работ начинающих исследователей, стимулировать приток свежих сил в сложнейшую отрасль мировой науки и техники.

<http://www.gctc.ru>

Вниманию авторов

Авторы присылают подготовленные к изданию работы и экспертное заключение на них. Необходима качественная распечатка (лазерный принтер) на хорошей белой бумаге и пересылка по электронной почте. Предоставляемые для публикации материалы должны строго соответствовать нижеперечисленным требованиям. Статья объемом от 5 до 15 страниц должна быть **тщательно отредактирована**. Работы принимаются в текстовом редакторе Microsoft Word версии 97–2007.

1. Предоставляемый материал (статья) должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

2. Статья научного характера должна иметь следующие обязательные элементы:

- постановку задачи (вопрос, на который дается ответ в статье);
- анализ существующих методологических подходов к решению данной задачи;
- исследовательскую часть;
- систему доказательств и научную аргументацию;
- выводы;
- список цитируемой литературы.

Статья должна быть написана языком, понятным не только специалистам в данной области, но и широкому кругу читателей.

3. Первая страница текста должна содержать следующую информацию:

- УДК;
- заглавие статьи;
- имя, отчество, фамилию автора(ов);
- сведения об авторе/авторах: должность, место работы, ученое звание, ученая степень, домашний адрес (с индексом), контактные телефоны (раб., дом.), адрес электронной почты;
- аннотацию к статье (3–10 строк);
- ключевые слова по содержанию статьи (8–10 слов), которые размещаются после аннотации.

4. В конце статьи приводится список цитируемой литературы в алфавитном порядке (сначала литература на русском языке, затем на иностранном) по ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

Параметры страницы

В диалоге «Файл–Параметры страницы» используется размер бумаги формата А4, ориентация листа книжная. Поля: верхнее и нижнее – 4,82 см; левое и правое – 4,25 см. В тексте статьи необходимо установить автоматический перенос слов.

Заголовок

В левом углу проставляется УДК (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 10 пунктов).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 12 пунктов, полужирный), выравнивание по левому краю.

Инициалы, фамилия автора(ов) размещаются после названия статьи по левому краю (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 12 пунктов).

Аннотация и ключевые слова

Текст аннотации и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 10 пунктов) оформляется с отступом от левого края – 1,25 см. Ключевые слова печатаются после аннотации, начиная словом «Ключевые слова» с прописной буквы (шрифт полужирный); двоеточие; затем идет перечисление ключевых слов через запятую (шрифт «Times New Roman» – обычный), выравнивание по ширине.

На английском языке повторить название статьи, инициалы и фамилию автора(ов) (шрифт «Times New Roman», 11 пунктов, полужирный). Оформляется с отступом от левого края – 1,25 см, выравнивание по ширине.

На английском языке повторить аннотацию статьи и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 10 пунктов, обычный), выравнивание по ширине.

Основной текст

Основной текст статьи на русском языке, используется шрифт «Times New Roman», 11 пунктов, интервал между строками «одинарный». Отступы в начале абзаца – 0,8 см. Иллюстрации – в компьютерном исполнении (рисунок в Word, файлы с расширением – .bmp, .jpg, .gif) с возможностью их редактирования. Рисунки размещаются в тексте. Формулы печатаются в редакторе Microsoft Equation. Таблицы, схемы, рисунки и формулы в тексте должны нумероваться; схемы и таблицы должны иметь заголовки, размещенные над схемой или полем таблицы, а каждый рисунок – подрисуночную подпись. Рисунки, диаграммы, схемы, таблицы делать в черно-белом варианте, если цвет на них не несет нагрузку. Каждая научная статья должна заканчиваться краткими выводами.

Список литературы

Набирается шрифтом «Times New Roman», 10 пунктов, интервал между строками «одинарный». Библиографические ссылки оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления».

Список литературы должен ограничиваться как временными рамками (публикации за последние 5–8 лет, лишь в случае необходимости допускаются ссылки на более ранние работы), так и их количеством (в оригинальных статьях желательно цитировать не более 15–20 источников, а в научных обзорах – 40–50). По возможности предоставлять перевод списка литературы на английском языке.

За автором сохраняется право копирования своей публикации.

Статьи, предназначенные для публикации в журнале, должны быть поданы в двух экземплярах. На первом экземпляре располагается подпись автора статьи. Статьи направляются по указанному ниже адресу или тому члену редакционной коллегии журнала, который, по мнению автора, наиболее близок к теме работы.

Материалы, предоставленные для публикации в редакцию журнала, авторам не возвращаются.

Статьи, оформленные без учета вышеизложенных правил, к публикации не принимаются.

Вниманию читателей

Редакционная коллегия журнала не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи. Редакция вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или же общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи сообщается автору, который представил статью, специалистам, давшим рекомендации, и организации, где работа выполнялась.

To the Attention of Readers

The editorial board of the magazine shall not bear any responsibility in front of authors and/or third parties and institutions for potential losses caused by an article publication. The editorial board has the right to withdraw a published article if during its publication somebody's rights or customary scientific ethic norms had been violated. Author of the article, specialists who gave recommendations and organization, where the work was done, shall be informed about the withdrawal.

Наши координаты для контактов

(по вопросам публикации, рекламы и деловых предложений)

Кальмин Андрей Валентинович (организационные вопросы)
тел.: 8 (495) 526-37-31; 8 (495) 526-38-90; e-mail: A.Kalmin@gctc.ru.

Факс: 8 (495) 526-26-12.

Электронный вариант научного журнала «Пилотируемые полеты в космос» выполнен в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Содержание журнала, аннотации, ключевые слова, сведения об авторах размещены на сайте <http://www.gctc.ru>.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) <http://elibrary.ru>.

**ПИЛОТИРУЕМЫЕ
ПОЛЕТЫ В КОСМОС**
(научный журнал)

Выпускающий редактор *Л.К. Васильева*

Редактор *С.Г. Токарева*

Технический редактор *Н.В. Волкова*

Корректор *Т.И. Лысенко*

Перевод *С.Б. Беляковская, С.А. Дедова*

Подписано в печать 05.03.18.

Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.

Усл. печ. л. 11,55. Тираж 120 экз. Зак. 967-17.

Отпечатано в редакционно-издательском отделе
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»