

ISSN 2226-7258

ПИЛОТИРУЕМЫЕ
ПОЛЕТЫ
В КОСМОС

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОСНаучно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (*Звездный городок*)

Номер: 2 (31) Год: 2019

Название статьи	Страницы
<u>ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-56/57 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА</u> <i>Прокопьев Сергей Валерьевич</i>	5-18
<u>МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-56/57 (ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)</u> <i>Богомолов Валерий Васильевич, Почуев Владимир Иванович, Алферова Ирина Владимировна, Хорошева Елена Григорьевна, Криволапов Владимир Всеволодович</i>	19-33
<u>ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КРУПНОГАБИРИТНОЙ АППАРАТУРЫ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МКС НА ПРИМЕРЕ АППАРАТУРЫ «ИКАРУС»</u> <i>Артемьев Олег Германович, Прокопьев Сергей Валерьевич, Аюкаева Диана Маратовна, Беляев Михаил Юрьевич, Волков Олег Николаевич, Долганов Евгений Викторович, Киреевичев Сергей Сергеевич, Князев Артем Игоревич, Корнеев Алексей Петрович</i>	34-43
<u>МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТРЕНИРОВАННОСТИ КОСМОНАВТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ</u> <i>Курицын Андрей Анатольевич, Ярополов Владимир Ильич, Ковинский Александр Андреевич, Копнин Вадим Анатольевич, Кутник Ирина Владимировна</i>	44-62
<u>ПРАКТИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ И РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ</u> <i>Бурдин Борис Васильевич, Курицын Андрей Анатольевич, Дмитриев Владимир Николаевич, Сосюрка Юрий Борисович, Довженко Владимир Алексеевич, Чеботарев Юрий Сергеевич</i>	63-75
<u>ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКА, СПАСАНИЯ И ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ КОСМОНАВТАМ НА МЕСТЕ ВЫНУЖДЕННОЙ ПОСАДКИ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА ТРАНСПОРТНОГО ПИЛОТИРУЕМОГО КОРАБЛЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН</u> <i>Поляков А.В., Усов Виталий Михайлович, Крючков Борис Иванович, Чернышев Ю.П., Мотиенко А.И.</i>	76-95
<u>МИССИИ-АНАЛОГИ ЕКА, ПРОВОДИМЫЕ В ИНТЕРЕСАХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В ДАЛЬНИЙ КОСМОС: CAVES, PANGAEA, :ENVINAV, ESOL</u> <i>Долгов Павел Павлович, Иродов Евгений Юрьевич, Коренной Виктор Сергеевич, Онуфриенко Юрий Иванович</i>	96-113
<u>ОТ ЖЮЛЯ ВЕРНА ДО МИССИЙ «АПОЛЛОНЫ» (КАК ПРИНИМАЛОСЬ РЕШЕНИЕ О ВЫСАДКЕ НА ЛУНУ)</u> <i>Батурин Юрий Михайлович</i>	114-133

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

DOI 10.34131/MSF.19.2.5-18

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-56/57 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

С.В. Прокопьев

Летчик-космонавт Российской Федерации С.В. Прокопьев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлены состав экипажа МКС-56/57, основные задачи подготовки, деятельность экипажа на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС-09» и Международной космической станции (МКС). Отдельно выделены работы по внекорабельной деятельности (ВКД) по программам российского (РС) и американского сегментов (АС) МКС, а также выполнению научно-прикладных исследований и экспериментов (НПИ).

Ключевые слова: подготовка экипажа, космический полет, транспортный пилотируемый корабль, Международная космическая станция, внекорабельная деятельность, научная программа.

Main Training Tasks and Activity of the ISS Crews for Expedition 56/57 When Carrying out the Mission Plan. S.V. Prokopiev

The paper presents the composition of the ISS-56/57 crew, main objectives of training, activity of the crew aboard the “Soyuz MS-09” TMV and International Space Station (ISS). Extravehicular activity under programs of the Russian Segment (RS) and the US Orbital Segment (USOS) of the ISS as well as implementing science applied research (SAR) and experiments (SAR) are given separately.

Keywords: cosmonaut training, space mission, transport manned vehicle, International Space Station, extravehicular activity, scientific program.

Состав экипажа

Основной экипаж МКС-56/57 (рис. 1) в составе:

Прокопьев Сергей Валерьевич	командир ТПК «Союз МС-09», бортинженер МКС-56/57 (Роскосмос, Россия)
Герст Александр	бортинженер ТПК «Союз МС-09», бортинженер экспедиции МКС-56, командир экспедиции МКС-57 (ЕКА, Германия)

Ауньён-Ченселлор Серина бортинженер-2 ТПК «Союз МС-09»,
бортинженер МКС-56/57 (НАСА, США)

выполнил космический полет длительностью 196 суток 17 часов 50 минут с 6 июня по 20 декабря 2018 года. Позывной экипажа – «Алтай».



Прокопьев
Сергей Валерьевич

Герст
Александр

Ауньён-Ченселлор
Серина

Рис. 1. Экипаж МКС-56/57

Прокопьев Сергей Валерьевич – космонавт-испытатель Роскосмоса, в отряде космонавтов с января 2011 года. Опыта космических полетов не имел.

Герст Александр – астронавт Европейского космического агентства (ЕКА), в отряде астронавтов ЕКА с мая 2009 года. Первый полет выполнил в составе экипажа МКС-40/41 с 28 мая по 10 ноября 2014 года в качестве бортинженера-2 ТПК «Союз ТМА-13М» и бортинженера МКС. В ходе полета выполнил выход в открытый космос длительностью 6 часов 13 минут. Продолжительность полета составила 165 суток 08 часов.

Ауньён-Ченселлор Серина – астронавт НАСА (США), в отряд астронавтов отобрана в июне 2009 года. Опыта космических полетов не имела.

Программа полета экипажа МКС-56/57

Программа полета экипажа МКС-56/57 предусматривала:

1. Полет на ТПК «Союз МС-09», который включал в себя:
 - выведение, маневры, сближение и стыковку к малому исследовательскому модулю МИМ1;
 - расстыковку от МИМ1 и возвращение на Землю спускаемого аппарата (СА).
2. Ремонтно-восстановительные работы и работы по материально-техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем и оборудования РС МКС.

3. Выполнение научной программы в соответствии с «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период пятьдесят пятой и пятьдесят шестой пилотируемых экспедиций МКС-55 и МКС-56» и «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период пятьдесят седьмой и пятьдесят восьмой пилотируемых экспедиций МКС-57 и МКС-58» в части их касающейся.

4. Выходы в открытый космос.

5. Работы с транспортными грузовыми кораблями (ТГК) «Прогресс МС-08, -09 и -10».

6.стыковку и расстыковку американского и японского грузовых кораблей SpaceX-15 «Dragon» и HTV-7 соответственно, расстыковку российского ТГК «Прогресс МС-08», стыковку ТГК «Прогресс МС-09, -10» и ТПК «Союз МС-11», расстыковку американского грузового корабля (АГК) «Cygnus OA-9» и стыковку АГК «Cygnus NG-10» и SpaceX-16 «Dragon».

7. Проведение ТВ-репортажей, фото- и видеосъемок.

Основные задачи подготовки экипажа к космическому полету

Программа подготовки была разработана с учетом требований к технической подготовке экипажей, полученных из РКК «Энергия», и ряда дополнений к ним, уровня подготовленности и функциональных обязанностей членов экипажа, а также по результатам предыдущих этапов подготовки.

Подготовка экипажа МКС-56/57 проводилась с марта 2017 года поочередными тренировочными сессиями: в России – по РС МКС, ТПК и ТГК; на базах международных партнеров – по другим модулям МКС.

Следует отметить, что в декабре 2017 года астронавт NASA Эппс Джанетт была заменена на астронавта NASA Серину Ауньён-Ченселлор.

Большая часть времени была уделена технической подготовке по ТПК «Союз МС-09» и РС МКС.

Основными задачами подготовки являлись:

– формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз МС-09»;

– отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при управлении бортовыми системами и оборудованием ТПК на всех этапах полета в штатных и нештатных ситуациях (НшС);

– отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении сближения, причаливания, стыковки и перестыковки ТПК «Союз МС-09» на все стыковочные узлы РС МКС;

– отработка навыков выполнения ручного управляемого спуска;

– отработка навыков построения ручной ориентации в аналоговом контуре (РО АК);

– отработка навыков построения ручной ориентации в дискретном контуре (РО ДК);

- отработка навыков построения 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 и умений по выполнению причаливания, стыковки и расстыковки ТПК «Прогресс МС» на стыковочные узлы РС МКС в телеоператорном режиме управления (ТОРУ);
- отработка навыков и умений контроля автоматического сближения и стыковки ТПК «Прогресс МС» с МКС;
- совершенствование знаний и отработка навыков к приему, передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-55/56, 57/58;
- отработка навыков и умений по выполнению операций по консервации и расконсервации ТПК, операциям по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- отработка навыков и умений эксплуатации бортовых систем РС МКС (функционально-грузового блока, служебного модуля (СМ), стыковочного отсека СО1, МИМ1, МИМ2);
- отработка навыков и умений технического обслуживания, ремонта и дооснащения бортовых систем РС МКС;
- совершенствование знаний, формирование навыков и умений выполнения разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладке снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на ТПК;
- совершенствование знаний, отработка навыков и умений выполнения программы НПИ на РС МКС;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении задач ВКД в объеме типовых операций и по программе ВКД-45;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении задач внепланового выхода ВКД-45А;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа в случае нештатной посадки в различных климатогеографических зонах;
- повышение устойчивости организма к факторам космического полета;
- отработка навыков оказания само- и взаимопомощи и эксплуатации бортовых медицинских средств.

На заключительном этапе подготовки с экипажем МКС-56/57 были проведены:

- экзаменационные тренировки на специализированных тренажерах по оценке готовности экипажа к выполнению ручных динамических режимов управления ТПК и ТГК;

– экзаменационные комплексные тренировки (ЭКТ) на тренажерах ТПК и РС МКС по оценке готовности экипажа к выполнению программы полета экспедиции в целом.

Результаты экзаменационных тренировок экипажа МКС-56/57 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Экзаменационные тренировки	Сергей Прокопьев	Александр Герст	Серина Ауньён-Ченселлор
ЭКТ по ТПК «Союз МС»	5,0		
ЭКТ по РС МКС	4,83		
По ручному сближению ТПК «Союз МС»	5,0	–	
По ручному причаливанию и перестыковке ТПК «Союз МС»	5,0	5,0	–
По ТОРУ ТПК «Прогресс МС»	5,0	–	–
По РУС ТПК «Союз МС»	5,0	5,0	–

По итогам подготовки 14 мая 2018 года в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина состоялось заседание Межведомственной комиссии, которая, рассмотрев результаты зачетов и экзаменов и выводы Государственной медицинской комиссии, пришла к заключению, что экипаж МКС-56/57 подготовлен к выполнению космического полета и может приступить к этапу предстартовой подготовки на космодроме Байконур.

Полет на борту ТПК «Союз МС-09»

Старт ТПК «Союз МС-09» (рис. 2) состоялся 6 июня 2018 года в 14 часов 12 минут 39 секунд (ДМВ) с космодрома Байконур.

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно.

Сближение ТПК «Союз МС-09» с МКС осуществлялось в соответствии с программой полета по двухсуточной схеме.

Двухимпульсный маневр № 1 дальнего сближения с МКС проводился на 3–4-м витках. Корректирующий одноимпульсный маневр № 2 был выполнен на 17-м витке.

8 июня 2018 года на 32-м витке началось автономное сближение с МКС в автоматическом режиме. Сближение, облет, причаливание и стыковка к модулю МИМ1 выполнены штатно.

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля и стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открыл переходные люки. На 37-м витке выполнил консервацию ТПК «Союз МС-09».

Завершив программу полета на борту МКС, началась подготовка экипажа к возвращению на Землю.



Рис. 2. Старт ТПК «Союз МС-09»



Рис. 3. Приземление спускаемого аппарата

20 декабря 2018 года на 11-м суточном витке экипаж выполнил расконсервацию ТПК «Союз МС-09». В 01:00:00 ДМВ по указанию Земли экипаж осуществил переход на автономное питание и в 01:30:00 ДМВ на 12-м суточном витке закрыл переходные люки.

Расстыковка выполнена 20 декабря 2018 года на 14-м витке в автоматическом режиме в дежурной ориентации МКС. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа выдана экипажем в 04:39:00 ДМВ, время фактической расстыковки – 04:40:00 ДМВ.

Спуск выполнялся по штатной программе. Приземление спускаемого аппарата (СА) произошло в 08:02:00 ДМВ в расчетной точке вблизи г. Жезказгана (рис. 3).

Двигатели мягкой посадки сработали штатно. СА ТПК «Союз МС-09» находился вертикально, самочувствие экипажа хорошее.

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-56/57 работал на борту МКС 194 суток с 8 июня по 20 декабря 2018 года.

На РС МКС были проведены запланированные ремонтно-восстановительные работы и работы по материально-техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем и оборудования.

В процессе космического полета выполнены:

- сближение американского грузового корабля SpaceX-15 «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля на надирном порту модуля Node2 (2 июля 2018 года);

- стыковка ТГК «Прогресс МС-09» к СО1 РС МКС (10 июля 2018 года).

Сближение ТГК впервые выполнено по двуххватковой схеме;

- расстыковка АГК «Cygnus OA-9» от манипулятора станции SSRMS АС МКС (Т = 15:36 ДМВ) выполнена 15 июля 2018 года;

- расстыковка АГК SpaceX-15 «Dragon» от манипулятора SSRMS (3 августа 2018 года). Приводнение корабля осуществлено штатно в расчетной точке Тихого океана (4 августа 2018 года);

- расстыковка ТГК «Прогресс МС-08» от АО СМ (23 августа 2018 года);

- сближение японского грузового корабля HTV-7 с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля к надирному порту модуля Node2 (27 сентября 2018 года);

- отстыковка японского грузового корабля HTV-7 от надирного порта модуля Node2, перемещение манипулятором станции SSRMS в положение для освобождения и расстыковка от МКС (7 ноября 2018 года);

- стыковка ТГК «Прогресс МС-10» к АО СМ (18 ноября 2018 года).

Сближение выполнено по двухсуточной схеме;

- сближение АГК «Cygnus NG-10» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля к надирному порту модуля Node1 (19 ноября 2018 года);

- стыковка ТПК «Союз МС-11» к стыковочному узлу МИМ2 (3 декабря 2018 года). Сближение выполнено по четыреххватковой схеме;

- сближение АГК SpaceX-16 «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля на надирном порту модуля Node2 (8 декабря 2018 года).

- работы по разгрузке и укладке удаляемого оборудования в грузовые корабли;

- дополнительные работы по программе АС МКС;

- ТВ-приветствия и поздравления в обеспечении деятельности по связям с общественностью;

- видеосъемки жизнедеятельности на станции экспедиций МКС-56 и МКС-57 для сайта Государственной корпорации «Роскосмос» и социальных сетей, а также работы по программе символической деятельности;

- расстыковка ТПК «Союз МС-09» от стыковочного узла МИМ1 (20 декабря 2018 года).

29 августа 2018 года на борту МКС было зафиксировано падение атмосферного давления. В результате выполнения процедур в соответствии с бор-

товой документацией «Emergency procedures 1a» экипаж определил негерметичность в бытовом отсеке (БО) ТПК «Союз МС-09», где было обнаружено отверстие диаметром около 3 мм (рис. 4). Космонавты Сергей Прокопьев и Олег Артемьев провели ремонтно-восстановительные работы с использованием специального герметика, и утечка была остановлена. За время парирования нештатной ситуации атмосферное давление внутри МКС упало до 725 мм рт. ст.



Рис. 4. Отверстие, обнаруженное в бытовом отсеке ТПК «Союз МС-09»

11 октября 2018 года в 11 часов 40 минут 15 секунд (ДМВ) с космодрома Байконур состоялся старт ТПК «Союз МС-10» с экипажем МКС-57/58 в составе:

– Овчинин Алексей Николаевич – командир ТПК «Союз МС-10», бортиинженер экспедиции МКС-57, командир экспедиции МКС-58 (Роскосмос, Россия);

– Хейг Тайлер Никлаус – бортиинженер-1 ТПК «Союз МС-10», бортиинженер МКС-57/58 (НАСА, США).

На 122 секунде полета в ходе отделения боковых блоков первой ступени сформировалась «Авария носителя», и в работу включилась система аварийного спасения, которая обеспечила отделение от ракеты-носителя связки СА и БО и увод ее с траектории полета.

В 11 часов 59 минут 55 секунд СА с экипажем на борту совершил посадку в 20 километрах юго-восточнее г. Жезказгана.

В связи со сложившейся ситуацией были внесены изменения в программу полетов. Длительность пребывания экипажа МКС-56/57 на МКС была продлена на 10 суток.

С целью поддержания и восстановления в условиях длительного космического полета профессиональных знаний, навыков и умений, необходимых для успешного выполнения программы полета, с экипажем МКС-56/57 было проведено 20 бортовых тренировок и консультаций:

- по действиям в аварийных ситуациях и проверке готовности оборудования к аварийному покиданию МКС;
- перед выполнением выходов в открытый космос;
- по телеоператорному режиму управления транспортными грузовыми кораблями;
- по выполнению спуска на ТПК «Союз МС-09» и укладке возвращаемого оборудования в СА.

В процессе полета большое внимание уделялось вопросам безопасности. Санитарно-гигиенические средства, система обеспечения питания, лечебно-профилактические мероприятия в целом обеспечили нормальную жизнедеятельность и работоспособность космонавтов на протяжении всего полета. Медицинское обеспечение осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям МКС.

Совместный полет с другими экипажами МКС

Экипаж МКС-56/57 осуществлял совместный полет в периоды:

- с 8 июня по 4 октября 2018 года с экипажем МКС-55/56 (рис. 5) в составе:
 - Артемьев Олег Германович (бортинженер МКС-55/56, Роскосмос, Россия);
 - Фойстел Эндрю Джей (бортинженер экспедиции МКС-55, командир экспедиции МКС-56, НАСА, США);
 - Арнольд Ричард Роберт (бортинженер МКС-55/56, НАСА, США).
- с 3 по 20 декабря 2018 года с экипажем МКС-57/58/59 (рис. 6) в составе:
 - Кононенко Олег Дмитриевич (бортинженер экспедиции МКС-57, командир экспедиции МКС-58/59, Роскосмос, Россия);
 - Сен-Жак Давид (бортинженер МКС-57/58/59, ККА, Канада);
 - МакКлейн Энн (бортинженер МКС-57/58/59, НАСА, США).



Рис. 5. Экипаж 56-й экспедиции МКС



Рис. 6. Экипаж 57-й экспедиции МКС

Внекорабельная деятельность

15 августа 2018 года был выполнен выход в открытый космос ВКД-45 из шлюзового отсека СО1 «Пирс». Выход совершили космонавты экспедиции МКС-56 Олег Артемьев и Сергей Прокопьев в скафандрах «Орлан МКС».

Продолжительность выхода составила 7 часов 46 минут.

Целевые задачи выхода ВКД-45:

- запуск двух наноспутников «Ганюша-ЮЗГУ» № 3 и № 4 (КЭ «Радио-Скаф»);
- запуск двух наноспутников «SiriusSat» (КЭ «РадиоСкаф»);
- проведение панорамных съемок для телекомпании «Russia Today» камерами GoPro 360;
- монтаж научной аппаратуры «ICARUS» (КЭ «Ураган») на универсальное рабочее место с фиксирующей платой УРМ-Д по II пл. рабочего отсека большого диаметра СМ (РОБД СМ) с целью экспериментальной отработки наземно-космической системы мониторинга глобальной миграции птиц и животных;
- демонтаж и отталкивание аппаратуры КЭ «Обстановка» (при наличии времени);
- снятие с МИМ2 устройств экспонирования «Тест» № 15 и № 16 в рамках КЭ «Тест»;
- снятие с СО1 устройств экспонирования «Тест» № 17 и № 18 с целью наземного анализа влияния собственной внешней атмосферы модуля СО1 на проэкспонированные микроорганизмы полетных штаммов.

Особенности выхода ВКД-45:

1. Целевая задача «Проведение панорамных съемок для телекомпании «Russia Today» камерами GoPro 360» не выполнена в связи с повреждением штанги для установки камер GoPro 360.
2. Целевая задача «Снятие с МИМ2 устройств экспонирования «Тест» № 15 и № 16 не выполнена в связи с недостатком времени.

3. Дополнительная задача «Демонтаж и отталкивание аппаратуры КЭ «Обстановка» не выполнена в связи с отсутствием резерва времени.

Расчетное время ВКД 6 ч 10 мин было превышено и составило 7 ч 46 мин в связи с:

- нерасчетной нештатной ситуацией, связанной с повреждением штанги для установки камер GoPro 360;
- возникшей расчетной нештатной ситуацией по стыковке низкочастотного разъема на ФП21 СМ;
- затруднением работ в зоне ФП9 и ФП8 СМ;
- отсутствием возможности подготовки по задачам ВКД-45 экипажа «Выхода» в гидролаборатории в условиях моделированной гидроневесомости в скафандрах «Орлан-ГН».

11 декабря 2018 года был выполнен выход в открытый космос ВКД-45А из шлюзового отсека СО1 «Пирс». Выход совершили космонавты Олег Кононенко и Сергей Прокопьев в скафандрах «Орлан МКС».

Продолжительность выхода составила 7 часов 45 минут.

Целевые задачи выхода ВКД-45А:

- инспекция отверстия на внешней поверхности корпуса БО ТПК «Союз МС-09» с вскрытием ЭВТИ и панели микрометеороидной защиты (ММЗ) в районе определенного экипажем месте негерметичности (рис. 7);
- снятие с МИМ2 устройств экспонирования «Тест» № 15 и № 16 (при наличии времени);
- демонтаж БЭО № 2 КЭ «Выносливость» (при наличии времени).

В процессе выхода:

- отрезанная часть ММЗ уложена в изолирующий контейнер для возвращения на Землю, а также выполнена видеосъемка зоны с отверстием;
- выполнено взятие проб-мазков двумя пробниками в районе отверстия (пробники уложены в гермоблок «Тест» для возвращения на Землю);



Рис. 7. Космонавты Сергей Прокопьев и Олег Кононенко во время выполнения ВКД-45А

– выполнили забор образцов материала, герметизирующего отверстие при помощи зажима Кохера (образец материала вместе с зажимом Кохера уложен в изолирующий контейнер для возвращения на Землю).

Особенности выхода ВКД-45А:

1. Дополнительные задачи «Снятие с МИМ2 устройств экспонирования «Тест» № 15 и № 16» и «Демонтаж БЭО № 2 КЭ «Выносливость» не выполнялись из-за отсутствия времени.

2. Расчетное время ВКД-45А без дополнительных задач – 6 ч 31 мин. Фактическое время выхода без выполнения дополнительных задач составило 7 ч 45 мин. Увеличение времени выхода произошло в процессе инспекции отверстия на БО ТПК «Союз МС-09».

Опыт проведения ВКД-45А выявил ряд недостатков. Так, при работе с грузовой стрелой ГСтМ отмечалось неконтролируемое изменение положения «Якоря» из-за отсутствия надежной фиксации рукоятки компенсатора зазора адаптера. В результате возникли проблемы с фиксацией оператора в рабочей зоне на БО ТПК «Союз МС-09». В этом случае использование MUT (Multi-Use Ball-Stack Tether), как альтернативы «Якорю», было бы полезно при фиксации на БО ТПК «Союз МС-09».

По программе АС МКС 14 июня 2018 года был выполнен выход в открытый космос ВКД-51 из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Ричард Арнольд (бортинженер МКС-55/56) и Эндрю Фойстел (бортинженер экспедиции МКС-55, командир экспедиции МКС-56). Продолжительность выхода составила 6 ч 49 мин.

Научная программа

Космические эксперименты (КЭ) в период полета космонавта С.В. Прокопьева в составе экипажа МКС-56/57 выполнялись в соответствии с «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период пятьдесят пятой и пятьдесят шестой пилотируемых экспедиций МКС-55 и МКС-56» и «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период пятьдесят седьмой и пятьдесят восьмой пилотируемых экспедиций МКС-57 и МКС-58».

Перечень КЭ, распределенных по направлениям Долгосрочной программы НПИ, приведен в табл. 2.

Всего 57 экспериментов, из них 5 без участия экипажа.

Два эксперимента являются новыми:

– КЭ «Фотобиореактор» (культивирование микроводорослей в условиях микрогравитации);

– КЭ «Магнитный 3D-биопринтер» (отработка методики биофабрикации хрящевой ткани человека и шитовидной железы мыши из клеточных сфероидов в условиях микрогравитации посредством магнитного поля). Реализация данного коммерческого КЭ стала пилотным проектом по отработке государственно-частного взаимодействия Госкорпорации «Роскосмос»

Таблица 2

Направления Долгосрочной программы НИИ	Наименование КЭ	Кол-во КЭ	КЭ с участием экипажа
Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса	«Плазменный кристалл», «Электрическое пламя», «Кинетика-1»	3	3
Исследование Земли и космоса	«БТН-Нейтрон» (А), «Ураган», «Напор-миниРСА», «Дубрава», «Сценарий», «Экон-М»	6	5
Человек в космосе	«Спланх», «Мотокард», «УДОД», «МОРЗЭ», «Профилактика-2», «Биокард», «Космокард», «Альгометрия», «Контент», «Взаимодействие-2», «ДАН», «Матрешка-Р»	12	12
Космическая биология и биотехнология	«Биориск», «Регенерация-1», «Феникс», «Конъюгация», «Биодеградация», «Асептик», «Структура», «Кальций», «Биопленка», «Микровир», Фотобиореактор», «Пробиовит», «Фаген», «Константа-2», «Продуцент», «Магнитный 3D-биопринтер»	16	16
Технологии освоения космического пространства	«Вектор-Т» (А), «Изгиб» (А), «Отклик», «Идентификация», «Контроль», «Среда МКС» (А), «Фазопереход», «Сепарация», «Визир», «Биополимер», «Вьносливость» (А), «Альbedo», «Пробой», «ИМПАКТ», «Тест»	15	11
Образование и популяризация космических исследований	«РадиоСкаф», «Великое начало», «О Гагарине из космоса», «Сферы», «EarthКАМ»	5	5
Итого:		57	52

(А) – в автоматическом режиме.

с участниками коммерческих КЭ. Организацией-заявителем данного эксперимента является частное учреждение: «Лаборатория биотехнологических исследований «3D Биопринтинг Солношенс» (г. Москва). Летный комплект научной аппаратуры был утерян в результате аварии ТПК «Союз МС-10», и эксперимент был проведен с использованием второго комплекта научной аппаратуры, доставленного на РС МКС ТПК «Союз МС-11».

Общее фактическое рабочее время космонавта С.В. Прокопьева составило 1390 часов 45 минут. Время, затраченное на выполнение научной программы – 412 часов 15 минут, из них 163 часа 40 минут – по Task List.

На выполнение российской научной программы в период экспедиций МКС-23–МКС-40 затрачивалось в среднем 32 % фактического рабочего времени космонавтов, в период экспедиций МКС-41–МКС-51 – 38,5 % (рис. 8). Начиная с апреля 2017 года, наблюдается существенное снижение объема выполняемых работ в этом направлении, что, безусловно, связано с сокращением числа российских космонавтов на борту МКС.



Рис. 8. Распределение фактического рабочего времени космонавтов на выполнение российской научной программы

Кроме того, из-за аварии ТПК «Союз МС-10», Сергей Прокопьев в течение 2 месяцев выполнял все служебные операции на РС МКС один, затратив на техническое обслуживание более 300 часов рабочего времени. В итоге, выполнению российской научной программы ему удалось посвятить около 30 % фактического рабочего времени, 40 % из которых – по Task List.

По завершении космического полета в процессе технического разбора космонавтом С.В. Прокопьевым был высказан ряд замечаний и предложений, направленных на совершенствование космической техники, организации деятельности экипажей в полете и повышения качества подготовки космонавтов.

Выводы

Наземная подготовка экипажа МКС-56/57 по ТПК «Союз МС-09» и РС МКС и подготовка на борту МКС позволили успешно выполнить программу космического полета.

В процессе космического полета большое внимание уделялось вопросам безопасности.

Для продолжения дальнейшей эксплуатации МКС на российском сегменте выполнены плановые ремонтно-восстановительные работы и работы по материально-техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем и оборудования.

Тесное взаимодействие экипажа МКС-56/57 с экипажами МКС-55/56 и 57/58/59, а также с персоналом Центра управления полетами способствовало эффективной деятельности на борту МКС.

По результатам послеполетного технического разбора разработан план-график мероприятий по устранению замечаний и реализации предложений космонавта С.В. Прокопьева.

МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-56/57 (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-56/57. Дается краткая характеристика системы медицинского обеспечения – приводятся основные итоги выполнения программы контроля состояния здоровья космонавтов и среды обитания РС МКС во время полета, а также использования бортовых средств профилактики для поддержания работоспособности и 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 Crew for Expedition 56/57 (Express Analysis). V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov

The article presents the results of medical support of the ISS-56/57 expedition crew. It gives a brief description of the medical support system, shows the main results of the implementation of the program of monitoring of cosmonauts health status and the ISS RS environment during the flight, as well as the use of on-board preventive means to maintain the performance and the health of cosmonauts in the flight.

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

Выполнение программы полета

Полет в составе экспедиций:

– экспедиция МКС-56 – с 2 июня 2018 года по 4 июня 2018 года в составе трех человек (один представитель Роскосмоса, два представителя NASA). С 8 июня 2018 года по 4 ноября 2018 года в составе шести человек (два представителя Роскосмоса, три представителя NASA и один представитель ЕКА);

– экспедиция МКС-57 – с 2 октября 2018 по 3 декабря 2018 года в составе трех человек (один представитель Роскосмоса, один представитель ЕКА и один представитель NASA); с 3 декабря 2018 года по 20 декабря 2018 года в составе шести человек (два представителя Роскосмоса, два представителя NASA, один представитель ЕКА и один представитель Канады).

Длительность полета одного российского, одного американского и одного европейского членов экипажа, прибывших на корабле «Союз МС-09», составила 197 суток.

Этапы полета экспедиции

06.06.18 г. – выведение ТПК «Союз МС-09» – 14:12 ДМВ.

08.06.18 г. – стыковка ТПК «Союз МС-09» к МИМ1 – 13:01 GMT/16:01 ДМВ.

20.12.18 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-09» от МИМ1 – 01:40 GMT/04:40 ДМВ. Время посадки – 08:03 ДМВ.

Основные динамические операции

29.06.18 г. – старт корабля SpX-15 «Dragon» – 09:42 GMT/12:42 ДМВ.

02.07.18 г. – стыковка SpX-15 «Dragon». Установка на надирный порт Node2 с помощью манипулятора SSRMS.

10.07.18 г. – старт ТГК «Прогресс МС-09» – 00:51:32 ДМВ/21:51:32 GMT. Стыковка ТГК «Прогресс МС-09» к СО1 – 01:31 GMT/04:31 ДМВ.

15.07.18 г. – отстыковка АО-9 «Cygnus» от Node1 с использованием манипулятора SSRMS.

03.08.18 г. – расстыковка корабля SpX-15 «Dragon» от Node2 МКС манипулятором SSRMS.

23.08.18 г. – расстыковка ТГК «Прогресс МС-08» от АО СМ – 02:16 GMT/05:16 ДМВ.

22.09.18 г. – выведение корабля НТВ-7 – 14:52 GMT.

27.09.18 г. – стыковка корабля НТВ-7 к МКС.

04.10.18 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-08» от МИМ2 – 10:57 ДМВ/07:57 GMT.

07.11.18 г. – отстыковка НТВ-7 – 16:51:45 GMT/19:51:45 ДМВ.

16.11.18 г. – выведение ТГК «Прогресс МС-10» – 21:14:08 ДМВ/18:14:08 GMT (двухсуточная схема).

17.11.18 г. – выведение американского корабля Cygnus (NG-10) – 09:01:31 GMT/12:01:31 ДМВ.

18.11.18 г. – стыковка ТГК «Прогресс МС-10» к АО – 19:28 GMT/22:28 ДМВ.

19.11.18 г. – стыковка корабля Cygnus (NG-10); установка манипулятором SSRMS на надирный порт Node1 – 12:30 GMT/15:30 ДМВ. ОПЛ – 17:17 GMT/20:17 ДМВ.

03.12.18 г. – выведение ТПК «Союз МС-11» – 11:31:52 GMT/14:31:52 ДМВ (4-витковая схема сближения и стыковки).

03.12.18 г. – стыковка ТПК «Союз МС-11» к МИМ2 – 17:33 GMT/20:33 ДМВ.

05.12.18 г. – выведение американского корабля SpX-16 «Dragon» – 18:16 GMT/21:16 ДМВ.

08.12.18 г. – стыковка корабля SpX-16 «Dragon», установка манипулятором SSRMS на надирный порт Node2 – 15:34 GMT/18:34 ДМВ. ОПЛ – 09.12.18.

*Внекорабельная деятельность (ВКД)**в СК «Орлан-МКС»:*

15.08.18 г. ВКД-45 РС из СО-1 – два российских члена экипажа МКС-56. ОВЛ – 16:17 GMT/19:17 ДМВ. ЗВЛ – 00:03 GMT/03:03 ДМВ (16.08.18 г.).

Общее время пребывания в открытом космосе – 7 ч 46 мин (на 1 час 36 минут больше запланированного).

11.12.18 г. ВКД-45А – БИ-1 МКС-57, БИ-4. ОВЛ – 13:59 GMT/18:59 ДМВ, ЗВЛ – 23:44 GMT/02:44 ДМВ (12.12.18 г.). Общее время пребывания в открытом космосе – 7 ч 45 мин (на 1 час 14 минут больше запланированного).

в ЕМУ:

14.06.18 г. ВКД-51 АС – КЭ МКС-56, БИ-3 МКС-56. Продолжительность – 6 ч 45 мин. Программа ВКД выполнена полностью.

Выполнение программы полета и организация режима труда и отдыха (РТО) экипажа

Старт экипажа ТПК «Союз МС-09» с членами экипажа МКС-56 состоялся 06.06.18 г. в 14:12:39 ДМВ. Сближение проходило по 2-суточной схеме, стыковка ТПК «Союз МС-09» с МКС проведена 08.06.18 г. в автоматическом режиме в 13:01 GMT.

В сутки стыковки режим труда и отдыха (РТО) экипажа МКС характеризовался сдвигом зоны сна вправо на 2 часа (рис. 1). Время работы российского члена экипажа ТПК «Союз МС-09» составило примерно 11 часов. После выполнения заключительных работ по стыковке ТПК космонавтам было предоставлено два дня отдыха. В эти дни они выполнили весь перечень работ, относящихся к первым дням прибытия нового экипажа на МКС, и оставшееся время использовали по собственному усмотрению.

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» в первые две недели полета, начиная с 11.06.18 г., рабочая зона у прибывшего экипажа была сокращена до 5,5 часа в день с целью предоставления ему времени (1 час) на адаптацию и ознакомление со станцией.

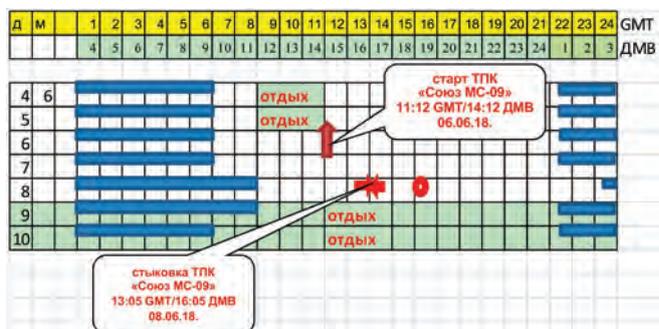


Рис. 1. РТО экипажа МКС на период выведения и стыковки ТПК «Союз МС-09»

БИ-4 активно включился в выполнение программы полета – текущие работы на станции, научные эксперименты и большое количество работ в дополнение к плану как в рамках программы Task List, так и по указанию Земли. В дни отдыха космонавт также выполнял работы и эксперименты по программе Task List (Task List – это перечень работ, подготовленный группой планирования. Он содержит задачи, которые могут быть выполнены на усмотрение экипажа во время рабочего дня или в личное время вне рабочих часов экипажа, позволяет экипажу более свободно регулировать свой рабочий день, повысить эффективность и использовать свободное время для выполнения дополнительной работы по своему усмотрению).

На данные работы в рабочие дни космонавт затрачивал не менее 2–3 часов, а в дни отдыха не менее 4–5 часов. Как правило, все дни отдыха фактически можно оценить как рабочие дни, т.к. на выполнение работ затрачивалось не менее 4–5,5 часов.

На 5-й неделе полета (04–10.07.18 г.) РТО экипажа оценивался как частично напряженный в связи с проведением работ по стыковке ТК «Прогресс МС-09» в ночное время. Стыковка ТК «Прогресс МС-09» с МКС состоялась в ночь 09/10.07.18 г. Перед стыковкой экипажу был предоставлен дневной сон (отдых) продолжительностью 7 часов. После стыковки ТК и выполнения всех запланированных работ на станции, космонавтам предоставлялось время для сна (отдыха) продолжительностью 21 ч 30 мин.

Последующие 4 недели работа выполнялась в штатном режиме. Согласно плану полета с 30.07.18 г. российские члены экипажа приступили к подготовке к предстоящей ВКД-45. Отмечались эпизоды увеличения времени на выполнение плановых работ и работ и экспериментов по программе Task List в будни и в дни отдыха. На все работы сверх плана затрачивалось от 1,5 до 2 часов в рабочие дни и от 2,5 до 3,5 часов в дни отдыха.

На 10-й неделе (08–14.08.18 г.) у экипажа все дни недели были рабочими. В дни отдыха (11.08 и 12.08.18 г.) был запланирован объем обязательных работ продолжительностью 6,5 часа. Связано это было с необходимостью подготовки к ВКД-45. 14.08.18 г. у экипажа планировалось полдня отдыха перед ВКД. Время плановых работ составляло примерно по 4 часа, однако дополнительно к плану были выполнены работы и эксперименты по программе Task List.

На 11-й неделе полета (15.08–21.08.18 г.) РТО экипажа был напряженным в связи с выполнением ВКД. 15.08.18 г. после штатного подъема российские члены экипажа приступили к выполнению плановых работ по консервации российского сегмента к ВКД. ОВЛ состоялось в 16:17 GMT (15.08.18 г.); ЗВЛ – 00:03 GMT (16.08.18 г.). Космонавты работали спокойно и уверенно. Основная программа работ выполнена. Планируемое время ВКД было заявлено 6 ч 10 мин, фактически оно составило 7 ч 46 мин. После ВКД космонавты занимались большим объемом работ по расконсервации РС и обслуживанию скафандров. Экипаж сожалел, что не хватало третьего

члена экипажа на РС МКС, который бы оказывал помощь при выполнении заключительных операций после ВКД. Также они считают, что ряд процедур после ВКД-45, некритичных по времени проведения, было бы целесообразно перенести на следующий день после отдыха. Время сна–отдыха планировалось с 03:30 GMT и до 14:00 GMT 16.08.18 г. продолжительностью 10,5 часа.

Последующие две недели экипаж выполнял большой объем работ как в рабочие, так и в дни отдыха. Иногда фактическое время выполнения работ увеличивалось до 9–10 часов.

На 13-й неделе полета 30.08.18 г. экипаж работал в режиме возникшей на борту нештатной ситуации, связанной со снижением общего давления на МКС. Все плановые работы были отменены в связи с проведением необходимых мероприятий по поиску и ликвидации негерметичного объема на МКС/ТПК. Фактическое время работ составило 10 ч 20 мин.

Последующие недели полета характеризовались выполнением экипажем большого объема работ с временными переработками, нарушением структуры штатного РТО (сокращение времени обеда, зоны перед сном (presleep), пропуск ФТ) и без полноценного отдыха в выходные дни.

Особенностью 18-й недели полета (03–09.10.18 г.) – подготовка к расстыковке, расстыковка и посадка ТПК «Союз МС-08» с экипажем на Землю в режиме измененного РТО.

Накануне расстыковки утром 03.10.18 г. состоялось подписание акта о передаче смены по РС от БИ-1 к БИ-4 и проведена церемония передачи командования МКС.

В сутки расстыковки (03/04.10.18 г.) планировалось изменение РТО – подъем 03.10.18 г. состоялся в 09:30 GMT, продолжительность сна составила 12 часов. После выполнения необходимых работ по окончательной укладке возвращаемого оборудования, экипажу было предоставлено время для сна с 15:00 до 21:30 GMT с продолжительностью сна 6,5 часа, затем космонавты продолжили выполнение работ по подготовке к посадке.

04.10.18 г. в 07:57 GMT состоялась расстыковка ТПК «Союз МС-08» с МКС. Посадка СА в заданном районе произошла в 14:45 ДМВ.

После завершения всех работ с 12:05 GMT (04.10.18 г.) до 06:00 GMT (05.10.18 г.) экипажу был предложен сон (отдых) продолжительностью около 18 часов.

Последующие недели полета на РС МКС работал один космонавт. РТО, как правило, был штатным. Отмечалось выполнение единичных дополнительных работ по указанию Земли и работ по программе Task List как в будни, так и в дни отдыха.

На 24-й неделе полета (14–20.11.18 г.) 18.11.18 г. в 19:28 GMT состоялась стыковка ТПК «Прогресс МС-10» к АО СМ в автоматическом режиме. ОПЛ произведено в 23:08 GMT.

В связи со стыковкой ТПК в вечернее время у экипажа был сдвиг зоны сна вправо на 6,5 часа продолжительностью 15 часов. После стыковки и выполнения всех запланированных работ состоялся сон/отдых с 05:30 до 14:00 GMT 19.11.18 г. продолжительностью 8,5 часа.

В последующую неделю работы космонавта дополнительно к плану отмечались выполнением работ и экспериментов по Task List.

В период с 21.11 по 20.12.18 г. в связи с изменениями программы полета МКС-57 были изменены требования по РТО экипажа российского сегмента:

- продолжительность рабочей зоны была увеличена до 8,0 часа;
- выходные дни не планировались;
- не выделялось время (1 час) на подготовку к отбытию со станции;
- не выделялось время (1 час) на ознакомление экипажа с МКС;
- не планировалось время на передачу смены между российскими членами экипажа после стыковки ТПК «Союз МС-11».

Старт экипажа ТПК «Союз МС-11» состоялся 03.12.18 г. в 14:31 ДМВ. Планировалась 4-витковая схема сближения и стыковки. В день стыковки РТО для российского и американского экипажей планировалось раздельно. Для российского члена экипажа планировался сдвиг зоны сна вправо на 5 часов. Продолжительность зоны сна составила 13,5 часа.

Стыковка ТПК «Союз МС-11» к МИМ2 состоялась 03.12.18 г. в 20:33 GMT. Экипаж перешел на станцию и приступил к выполнению необходимых работ. С 03:00 до 12:00 GMT (04.03.18 г.) всем членам экипажа РС МКС был запланирован сон продолжительностью 9 часов.

В последующие дни полета экипаж был занят работами по подготовке к выполнению 11.12.18 г. внепланового ВКД-45А. В достаточно короткие сроки космонавты провели необходимые работы по подготовке скафандров «Орлан-МКС» к ВКД, выбрали необходимое оборудование, просмотрели видеоматериалы по особенностям выполнения ВКД. Успешно проведена тренировка в СК. Как правило, рабочая нагрузка в эти дни превышала нормативные показатели на 2–4 часа. Были эпизоды отмены запланированных физических тренировок, сокращения времени приема пищи и периода перед сном.

В день проведения ВКД-45А (11.12.18 г.) подъем состоялся штатно. Космонавты осуществили ВКД-45А. Время ВКД было запланировано 6 ч 25 мин, фактически оно составило 7 ч 45 мин. ОВЛ состоялось 15:59 GMT/18:59 ДМВ (11.12.18 г.); ЗВЛ – 01:34 GMT/04:34 ДМВ (12.12.18 г.). Космонавты работали спокойно и уверенно. Основная задача ВКД-45А была выполнена. РТО оценивался как напряженный: время работы у БИ-4 составило 18 ч 45 мин. Период бодрствования – 23 часа. Сон/отдых состоялся с 03:30 GMT до 13:00 GMT 12.12.18 г. (продолжительностью 9,5 часа).

На 28-й неделе полета (12.12–18.12.18 г.) БИ-4 в короткие сроки выполнял необходимые работы по подготовке к возвращению на Землю. У экипажа было 6 рабочих дней и полдня отдыха (после ВКД-45А). Рабочая нагрузка

планировалась в пределах 7–7,5 часа. Суббота (15.12.18 г.) и воскресенье (16.12.18 г.) были рабочими днями.

На 29-й неделе полета с 19.12 на 20.12.18 г. состоялась расстыковка ТПК «Союз МС-09» от МИМ1 МКС. Экипаж работал в условиях измененного РТО, который характеризовался предоставлением зоны сна до 14:00 GMT продолжительностью 14 часов и последующей продолжительной зоной бодрствования (примерно 16 часов) до приземления. Посадка СА осуществлена в заданном районе Казахстана в 08:03 ДМВ (20.12.18 г.).

Общая продолжительность экспедиции МКС-56/57 составила 197 суток, из которых планировались 134 рабочих дня и 63 дня отдыха.

Фактически, из 63 дней отдыха у БИ-4 было всего 2 полноценных дня отдыха, когда время работы не превышало 2 часов и 30 неполных дней отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от 2 до 4 часов. При этом 31 день, предназначенный для отдыха, отмечались как рабочие дни, когда время работы составляло 4,5 и более часов.

Суммарная фактическая продолжительность работ в дни отдыха составила 106 ч 55 мин. Дополнительно на работы и эксперименты по программе Task List в дни отдыха было затрачено 147 ч 15 мин. На выполнение заданий по Task List в рабочие дни было затрачено 166 ч 45 мин.

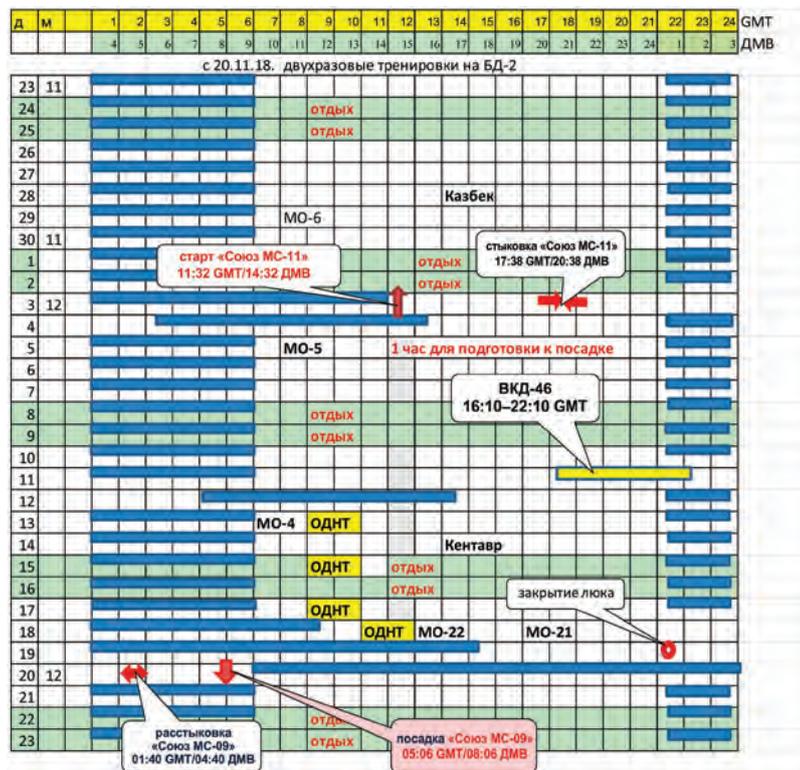


Рис. 2. РТО экипажа МКС на период расстыковки ТПК «Союз МС-09» и посадки

За весь полет на проведение дополнительных работ (по указанию Земли, на работы с превышением плановых сроков, по инициативе экипажа и по Task List) БИ-4 затратил 389 часов, что равноценно 60 рабочим дням.

Особенностью режима труда и отдыха космонавта МКС-56/57 является отсутствие дней отдыха, работа по измененной программе полета в период с 21.11 по 20.12.18 г. с увеличением времени рабочей нагрузки фактически на всем протяжении полета.

Успешному завершению полета и высокой работоспособности БИ-4 способствовали коллегиально дружеские взаимоотношения участников полета, высокая ответственность и профессиональная подготовленность космонавта для выполнения возложенных на него сложных и высокозначимых задач по реализации программы полета.

Медицинский контроль

Медицинское обеспечение осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям на Международной космической станции (International Space Station Medical Operations Requirements Documents – ISS MORD).

БИ-4 выполнил весь объем запланированных штатных операций периодического медицинского контроля состояния здоровья и среды обитания.

Оперативный медицинский контроль проводился:

– во время выведения, автономного полета и стыковки с МКС ТПК «Союз МС-09»: 06.06–08.06.18 г.;

– перед и во время проведения ВКД-45: 15/16.08.18 г.;

– перед и во время проведения ВКД-45А: 11/12.12.18 г.;

– при проведении ОДНТ-тренировок: 13.12; 15.12; 17.12; 18.12.18 г.;

– во время расстыковки и спуска на Землю ТПК «Союз МС-09» 19/20.12.18 г.;

– при проведении научных экспериментов:

• МБИ-33 «Биокард»: 29.06.18 г.; 05.09.18 г.; 31.10.18 г.

• МБИ-39 «ДАН»: 22.06.18 г.; 25.07.18 г.; 22.08.18 г.; 20.09.18 г.; 17.10.18 г.

16.07.18 г. проведен монтаж нового пульта аппаратуры «Пилле-МКС».

01.08.18 г. проведен монтаж блока Плетизмограф (взамен неработоспособного).

Результаты динамического медицинского контроля свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях, достаточных функциональных резервах организма и отсутствии каких-либо существенных отклонений в функциональном состоянии организма космонавта, что обеспечило сохранение высокого уровня работоспособности на всех этапах экспедиции.

Психологический климат в экипаже и взаимодействие с наземными службами сохранялись на всем протяжении полета на достаточно высоком уровне и носили благоприятный характер.

Физиолого-гигиеническая характеристика среды обитания

Параметры микроклимата колебались в нормальных пределах за исключением температуры воздуха (эпизодически, в некоторых местах на станции, на нескольких витках температура воздуха превышала нормальные величины) и пониженной относительной влажности (табл. 1).

Таблица 1

Параметры микроклимата на РС МКС

Параметры	Минимально	Максимально	Норма
Д РО мм рт. ст.	725	765	660–860
Д ПХО мм рт. ст.	725	754	660–860
РО ₂ мм рт. ст.	147	181	140–200
РСО ₂ мм рт. ст.	1,6	3,3–6,7**	<4,0–4,5*
РН ₂ О мм рт. ст.	6,0	12,0	5–20
ОВ %	20	49	40–75
Т ПХО, °С	16,8	22,7	18–28
Т РОБД, °С	20,0	27,0	18–28
Т РОБД, °С	20,0	27,9	18–28
Т над столом, °С	21,7	28,9	18–28
Т каюта правая, °С	19,6	27,5	18–28
Т ФГБ, °С	19,6	26,4	18–28
Т СО1, °С	16,8	25,3	18–28

** В период раздельной межмодульной вентиляции между РС и АС

Повышение температуры воздуха 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.

Замечания экипажа по температуре воздуха в СМ:

23.10.18 г. БИ-4 отметил, что после ухода второго члена экипажа на РС стало прохладнее, приходится теплее одеваться и попросил, если возможно, немного (на пару градусов) повысить температуру в СМ. Для создания комфортного микроклимата РРЖ было перенастроено с 10 °С на 14 °С.

30.10.18 г. БИ-4 отметил, что в СМ стало значительно теплее; иногда, при занятиях ФУ, даже «жарковато» и хотелось бы немного «попрохладнее», но «сейчас все равно лучше, чем когда было холодно». Для него комфортная температура около 24–25 °С.

31.10.18 г. БИ-4 попросил «на пару градусов понизить сделать температуру».

04.11.18 г. БИ-4 сообщил, что температура в СМ сейчас 23 °С и попросил, «по возможности, поднять на 1–2 градуса». Для создания более комфортного микроклимата в РС МКС проводилась перенастройка РРЖ КОБ-2.

06.11.18 г. во время приватной медицинской конференции БИ-4 отметил, что сейчас температурный режим (24–25 °С) на РС МКС считает для себя оптимальным, а во время вечерней конференции по планированию (DPC) поблагодарил специалистов СОТР за создание комфортной температуры на борту.

Жалоб на сухость воздуха от экипажа не поступало. Для оптимизации влажностного режима периодически отключалась СКВ в РС.

Функционировали постоянно действующие системы российского сегмента: БМП, СРВ-К2М, СКВ1/СКВ2, СОА «Воздух», СКО «Электрон-ВМ»; УОВ «Поток 150МК» в СМ и ФГБ включались ежедневно на 6 часов.

Периодически проводились наддувы станции кислородом, азотом и воздухом из ТГК, включались поглотительные патроны CO_2 .

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-08» на различных этапах полета показаны в табл. 2.

Таблица 2

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-09»
на этапе расстыковки и спуска (06–08.06.18 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Допустимый диапазон
ДСА мм рт. ст.	730	787	450–970
ДБО мм рт. ст.	706	756	450–970
PO_2 мм рт. ст.	158	193	140–310
PCO_2 мм рт. ст.	3,1	6,0	<10
PH_2O мм рт. ст.	9,3	11,4	<15
ОВ %	41	49	30–75
ТСА, °С	21,3	27,8	18–25
ТБО, °С	20,6	23,2	18–25

Замечаний на температурно-влажностный дискомфорт от экипажа ТПК не поступало.

Замечания по работе СОЖ, СОГС и СТР

Периодически фиксировались срабатывания датчиков дыма в ФГБ (06.07.18 г., 15.07.18 г., 08.08.18 г., 26.10.18 г.): загорался транспарант «SMOKE», срабатывание прекращалось автоматически.

По докладам экипажа запаха гари, дыма и других признаков возгорания обнаружено не было, проводился анализ воздуха газоанализатором CSA-CP, показания были в норме – «нули». Срабатывание сигнализации расценивалось как ложное.

Отмечалась нештатная работа СКВ1 и СКВ2: периодически происходило нештатное самопроизвольное отключение (СКВ1 – «температура хладона ниже нормы», СКВ2 – в связи со срабатыванием токовой защиты компрессорной установки). Проводились перезапуски и РВР системы.

12.08.18 г. экипаж сообщил о нештатной работе УОВ «Поток 150МК». 24.08.18 г. по рекомендации специалистов СОЖ УОВ «Поток 150МК» в СМ была отключена. 24.10.18 г. проведены РВР УОВ «Поток 150МК» в СМ, после чего установка включалась ежедневно на 6 часов в ручном режиме (дисплей не работал).

В связи с недостаточной эффективностью СОА «Воздух», выявленной в период раздельной межмодульной вентиляции РС и АС, 22–24.08.18 г. и

в последующий период (29.08.18 г., 03, 06, 07.09.18 г.) проводились работы по поиску возможной причины (проверка вакуумной магистрали, проверка температур вакуумной магистрали и поглотительных патронов, исследование БВК-1, БВК-2, БВК-3, уточнение производительности по поглощению CO₂), тестирование системы и РВР. Во время проведения работ система отключалась на несколько часов, включался поглотительный патрон CO₂.

С 11.09.18 г. во время бодрствования экипажа СОА «Воздух» работала в 4-м режиме, на время сна экипажа переводилась в 3-й режим.

29.08.18 г. (с 21:00 GMT) зафиксировано падение давления на станции. К 06:00 утра 30.08.18 г. давление по мановакуумметру составило 735 мм рт. ст. (т.е. за 9 часов давление на МКС упало на 8 мм рт. ст.). 30.08.18 г. после подъема экипажа (06:00 GMT) в течение 3 часов проводился поиск места утечки воздуха. В 09:36 GMT была обнаружена причина разгерметизации – в БО «Союз МС-09» имелось круглое отверстие диаметром 2 мм на расстоянии 5 мм от шпангоута за АСУ со стороны станции. Проведены РВР с использованием герметика и марлевых салфеток. В результате отверстие было загерметизировано, давление в ТПК стабилизировалось. Проведен наддув станции воздухом на 10 мм рт. ст. из ТГК 439. 31.08.18 г. в БО ТПК «Союз МС-09» в течение дня продолжались работы по герметизации путем наложения двух слоев (второго и третьего) эпоксидной смолы с перерывом в 12 часов для застывания. После завершения нанесения второго слоя герметика экипаж зафиксировал ультразвуковым прибором незначительную утечку, которую удалось быстро остановить. После нанесения третьего слоя герметичность восстановлена (проверено ультразвуковым детектором). Давление в ТПК «Союз МС-09» было стабильно. Экипаж продолжал наблюдение за местом наложения герметика и контролировал давление в ТПК «Союз МС-09». Ежедневно проводил проверку «Союз МС-09» на утечку воздуха с помощью американского течеискателя ULD.

16.09.18 г. экипаж доложил об изменении нормального звука работы пылесоса («гудит как-то подозрительно») и попросил специалистов дать рекомендации по его ремонту. Экипажу сообщено, что новый пылесос будет доставлен с ближайшим «грузовиком».

Радиационная обстановка на МКС

За время полета РО внутри станции оставалась спокойной. Накопленная поглощенная доза за полет у БИ-4 составила 5,71 сГр (5712 мрад), что не превысило 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».

Во время выполнения ВКД № 45, № 45А РС и ВКД № 51 АС проводился контроль радиационной безопасности экипажа с использованием датчиков дозиметра «Пилле-МКС». Значения измеренной дополнительной

поглощенной дозы находятся в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

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

Еженедельно экипаж проводил плановую уборку станции.

При плановом контроле качества атмосферы РС МКС пробоотборниками ИПД-СО (ежемесячно) и ИПД-ННЗ (каждые 3 месяца) монооксида углерода и аммиака в СМ не обнаружено.

16.08.18 г. БИ-1 отметил сильный шум от насоса СПН за панелью 247, насос 3 СПН-1. Экипажу было рекомендовано заизолировать насос подручными средствами, чтобы звук уменьшился. 18.08.18 г. БИ-1 сообщил, что интенсивность шума от насоса снаружи каюты стала меньше, в каюте не изменилась, ощущается шум и вибрация. Выполнено переключение на другую СПН, после чего жалоб экипажа на шум в дальнейшем не поступало.

Космонавт использовал наушники с активным шумоподавлением во время сна и в течение дня при работе с шумящим оборудованием.

29–31.10.18 г. на 145–147-е сутки полета проводилось определение индивидуальной акустической нагрузки у БИ-4 за дневной и ночной периоды времени с использованием акустического монитора (АМ hardware) в режиме акустической дозиметрии.

Анализ полученных данных показал, что шумовая нагрузка за дневной период превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 12,2 дБА, а за ночной период на 12,4 дБА. Статические измерения эквивалентных уровней звука за дневной и ночной периоды выполнены в СМ (район рабочего стола). Эквивалентный уровень звука за дневной период превышал ПДУ на 11,9 дБА, а за ночной период – на 9,9 дБА.

Питание и водопотребление

На всем протяжении полета у космонавта замечаний по питанию и водопотреблению не было. 27.11.18 г. получено сообщение, что доставленные на грузовике свежие фрукты (яблоки и грейпфруты) пришли в хорошем состоянии.

Использование средств профилактики

Для поддержания физической работоспособности человека в условиях космического полета используется многофункциональная система профилактики неблагоприятного воздействия невесомости. Через 5 часов после выведения ТПК «Союз МС» российский член экипажа надел изделие «Браслет-М». Эффект от него описал как ощутимый. Перестал использовать со второго дня пребывания на станции.

В первые дни пребывания на МКС космонавту планировался инструктаж по тренажеру ARED, ознакомительные занятия на тренажерах ВБ-3М

и БД-2. С 13.06.18 г. физические тренировки ему планировались по российской программе общей продолжительностью 2,5 часа, преимущественно блоком на БД-2(Т2*) и ВБ-3М/ARED (с чередованием).

**26–28.06.18 г. в связи с демонтажем БД-2 для замены блоков СНТ-50МП.*

25.06.18 г. проведен инструктаж экипажа по беговой дорожке Т-2.

В последующие периоды полета структура выполнения физических тренировок на штатных тренажерах БД-2, ВБ-3М и ARED была видоизменена в связи с выполнением научного эксперимента «Профилактика-2».

Вместо штатных физических тренировок планировались:

- 15–17.06.18 г. тренировки в комплекте КОР-01-Н и ФТ на ВБ-3М/ARED;
- 13–15.07.18 г. тренировки в комплекте КОР-01-Н и через день одна тренировка на ARED;
- 29.08.18 – 03.09.18 г. двухразовые тренировки на ВБ-3М;
- 05–10, 12–14.10.18 г. двухразовые тренировки на БД-2 с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED.

При подготовке к проведению ВКД-45 и ВКД-45А было рекомендовано выполнять ручную велоэргометрию.

С 10.12.18 г. в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке БД-2 с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED общей продолжительностью 2,5 часа и ОДНТ-тренировки.

С 13.12.18 г. в связи с изменением программы полета у БИ-4 было проведено две предварительные и две заключительные ОДНТ-тренировки. Режимы тренировок разрабатывались, учитывая результаты функциональной пробы для оценки ортостатической устойчивости при воздействии ОДНТ.

Периодически на протяжении полета проводились беседы со специалистами по физическим тренировкам ИМБП и ЦПК.

Примерка и подгонка изделия «Кентавр» у членов экипажа ТПК «Союз МС-09» проведена 14.12.18 г. без замечаний.

По ежедневным докладам ФТ выполнял в полном объеме в соответствии с планом.

На всех этапах полета уровень физической тренированности космонавта оценивался как хороший.

Выводы

Обеспечение безопасности космического полета на борту МКС определяется качеством организации медицинского обеспечения космического полета, проведением санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий. Изучение и оценка потенциальных рисков, мониторинг среды обитания космонавтов позволили нивелировать неблагоприятные факторы космического полета и снизить их влияние на организм космонавтов.

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 проводила комплексную оценку состояния здоровья и работоспособности космонавтов, а также основных параметров среды обитания; контролировало соблюдение РТО и использование средств профилактики; участвовала в формировании решений по медицинскому обеспечению и выдаче медицинских заключений о степени годности членов экипажа к выполнению запланированных элементов программы полета.

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

Психологический климат в экипаже на протяжении всего полета был позитивным.

В целом полет выполнен без медицинских проблем, влияющих на безопасность космического полета. Замечания и предложения экипажа приняты к реализации.

Уровень предполетной подготовки экипажа был достаточным и адекватным задачам полета.

Успешному завершению полета способствовали коллегиально-дружеские взаимоотношения участников полета, продуктивный деловой контакт со специалистами и операторами наземных служб и высокая ответственность космонавта и его партнеров за выполнение профессиональных задач.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

МКС – Международная космическая станция	СА – спускаемый аппарат
NASA – космическое агентство США	БО – бытовой отсек
JAXA – Японское космическое агентство	ГОГУ – Главная оперативная группа управления
БИ – бортовой инженер	ISS MORD – документ требований к медицинским операциям МКС
КЭ – командир экипажа	ОДНТ – отрицательное давление на низ тела
ТПК – транспортный пилотируемый корабль	МБИ – медико-биологические исследования
ТГК – транспортный грузовой корабль	ГМО – группа медицинского обеспечения
ДМВ – декретное московское время	СМ – служебный модуль
GMT – время Гринвичского меридиана	ФГБ – функционально-грузовой блок
МИМ1 – малый исследовательский модуль 1	СО1 – стыковочный отсек
МИМ2 – малый исследовательский модуль 2	СОТР – система обеспечения терморегулирования
АО СМ – агрегатный отсек служебного модуля	КОХ – контур охлаждения
РС МКС – российский сегмент МКС	РРЖ – регулятор расхода жидкости
СК – скафандр	СКВ – система кондиционирования воздуха
ВКД – внекорабельная деятельность	БМП – блок удаления микропримесей
ЕМУ – американский скафандр для ВКД	СРВ-К2М – система регенерации воды из конденсата
ОВЛ – открытие выходного люка	СОА «Воздух» – система очистки атмосферы
ЗВЛ – закрытие выходного люка	СКО «Электрон-ВМ» – система обеспечения кислородом
РТО – режим труда и отдыха	УОВ «Поток 150МК» – устройство очистки воздуха
Task List – перечень работ, подготовленный группой планирования. Он содержит задачи, которые могут быть выполнены на усмотрение экипажа во время рабочего дня или в личное время вне рабочих часов экипажа	РВР – ремонтно-восстановительные работы
ФТ – физические тренировки	

ТМ – телеметрия	БРП-М – блок раздачи и подогрева воды модернизированный
ДРО – общее давление в рабочем отсеке служебного модуля	РО – радиационная обстановка
ДПХО – общее давление в переходном отсеке служебного модуля	АСУ – ассенизационно-санитарное устройство
РОБД – рабочий отсек большой диаметр	ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера
ДСА – давление в спускаемом аппарате	СПН – сменная панель насосов
ДБО – давление в бытовом отсеке	КОБ – контур обогрева
PO ₂ – парциальное давление кислорода	СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности
PCO ₂ – парциальное давление углекислоты	ПДУ – предельно допустимый уровень
PH ₂ O – парциальное давление паров воды	МО – медицинская операция
ОВ % – относительная влажность воздуха	БД-2 – бегущая дорожка РС МКС
ТСА – температура в спускаемом аппарате в градусах Цельсия	ARED – силовой тренажер АС МКС
ТБО – температура в бытовом отсеке в градусах Цельсия	ВБ-3М – велоэргометр бортовой
CSA-CP – американский анализатор состава атмосферы	ИМБП – Институт медико-биологических проблем
ЕДВ – емкость для воды	ЦПК – Центр подготовки космонавтов
БРП – блок раздачи и подогрева	ТНК-У-1М – российский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки
	Harness – американский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.786.2

DOI 10.34131/MSF.19.2.34-43

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КРУПНОГАБАРИТНОЙ АППАРАТУРЫ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МКС НА ПРИМЕРЕ АППАРАТУРЫ «ИКАРУС»

О.Г. Артемьев, С.В. Прокопьев, Д.М. Аюкаева,
М.Ю. Беляев, О.Н. Волков, Е.В. Долганов, С.С. Киреевичев,
А.И. Князев, А.П. Корнеев

Герой Российской Федерации, канд. экон. наук, летчик-космонавт РФ
О.Г. Артемьев; космонавт-испытатель С.В. Прокопьев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Д.М. Аюкаева; докт. техн. наук, профессор М.Ю. Беляев; О.Н. Волков;
Е.В. Долганов; С.С. Киреевичев; А.И. Князев; А.П. Корнеев
(Ракетно-космическая корпорация «Энергия»)

Для проведения космического эксперимента по изучению перемещений животных и птиц создана научная аппаратура «Икарус», которая доставлена на борт российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) двумя транспортными грузовыми кораблями (ТГК) «Прогресс». Описаны особенности подготовки оборудования в гермообъеме (ГО) стыковочного отсека (СО1) перед внекорабельной деятельностью (ВКД). Представлена последовательность действий экипажа во время ВКД. Отражены этапы предполетной подготовки экипажа по монтажу аппаратуры «Икарус». **Ключевые слова:** перемещение и миграции животных, научная аппаратура, экипаж, внекорабельная деятельность, РС МКС.

Technology of Mounting the Large-Size Equipment on the Outer Surface of the ISS RS as Exemplified by the ICARUS Equipment.
O.G. Artemyev, S.V. Prokopyev, D.M. Ayukaeva, M.Yu. Belyaev, O.N. Volkov, E.V. Dolganov, S.S. Kireevichev, A.I. Knyazev, A.P. Korneev

ICARUS scientific equipment was created for a space experiment to study animal and bird movements. Two Progress vehicles delivered the hardware to the ISS RS. The features of the hardware preparation in the pressurized volume of the docking compartment (DC1) prior to the extravehicular activity (EVA) are

described. The sequence of crew actions during the EVA is given. There is a description of the pre-flight crew training on ICARUS equipment assembling.

Keywords: animal movement and migration, scientific equipment, crew, extra-vehicular activity, ISS RS.

На внешней поверхности российского сегмента Международной космической станции 15 августа 2018 года бортинженерами О.Г. Артемьевым и С.В. Прокопьевым смонтирована научная аппаратура «Икарус». Успешному выполнению поставленной задачи предшествовала длительная работа по подготовке оборудования и тренировке экипажа.

Аппаратура «Икарус» создана в рамках соглашения о сотрудничестве между Германским аэрокосмическим центром и Государственной корпорацией «Роскосмос». Данное соглашение объединяет российский космический эксперимент «Ураган» с германским проектом ICARUS (International Cooperation Research Using Space – «Международное сотрудничество в области научных исследований животных с использованием космических технологий») [1, 2].

В эксперименте «Ураган» с помощью этой аппаратуры решаются следующие задачи:

- экспериментальная отработка аппаратуры на борту РС МКС для дальнейшего использования подобных аналогов на автоматических космических аппаратах;

- получение данных о глобальной миграции животных и птиц;

- определение путей миграций потенциальных переносчиков инфекции для отработки глобальной системы предотвращения распространения заболеваний;

- исследование перемещения птиц и животных для мониторинга экологической ситуации и предупреждения катастрофических явлений на планете;

- определение путей миграции птиц с целью обеспечения безопасности воздушного движения и др.

Аппаратура «Икарус» представляет собой систему, состоящую из бортового и наземного сегментов. В бортовую часть входят управляющий компьютер ОВС-I (On Board Computer Icarus), предназначенный для хранения и обработки данных, и антенный блок, обеспечивающий выдачу баллистических данных тэгам о положении МКС в пространстве, а также сбор данных с тэгов о координатах перемещения птиц и животных при их сезонной миграции. Наземный сегмент включает в себя множество небольших (массой до 5 г) приемопередатчиков (тэгов), которые на Земле крепятся на мигрирующих животных и птицах. Информация с тэгов будет приниматься на МКС антенным блоком, обрабатываться компьютером ОВС-I и транслироваться в Центр управления полетами Москвы (ЦУП-М) с последующей передачей в центр пользователей.

Ученые из Института географии Российской академии наук и Общества научных исследований имени Макса Планка (Германия), а в дальнейшем и ученые со всего мира, зарегистрированные в центре пользователей, смогут пользоваться данными, полученными в ходе эксперимента.

Доставка аппаратуры и монтаж ее внутри гермоотсека

Научная аппаратура (НА) «Икарус» доставлена на МКС двумя транспортными грузовыми кораблями «Прогресс». В октябре 2017 года в состав грузов ТК «Прогресс МС-07» на МКС было включено оборудование «Икарус», предназначенное для монтажа внутри гермоотсека станции (бортовой компьютер ОВС-I, кабели для подключения и кронштейны).

А.Н. Шкаплерову и О.Г. Артемьеву предстояло собрать электрическую схему для подключения ОВС-I к бортовым системам СМ и установить кронштейны, предназначенные для крепления компьютера на рабочее место поверх четырех запоминающих устройств бортовой информационно-телеметрической системы.

Прокладка кабелей в запанельном пространстве станции, где уже имеются десятки ранее проложенных кабелей, – сложная операция, при выполнении которой применяется специальная технология:

– в начале вновь доставленные кабели «Икарус» прокладываются в запанельном пространстве, а их «концы» прибандажируются рядом с местом будущего соединения;

– после завершения первого этапа ранее проложенные кабели подключаются сначала к бортовым системам, а затем уже к самому блоку ОВС-I.

В результате космонавтами было открыто пятнадцать панелей, проложены девять кабелей, длина которых варьировалась от пяти до семи метров, подстыкованы двадцать семь соединителей. Так как некоторые из панелей открывались редко, то при прокладке кабелей «Икарус» несколько раз срабатывал датчик «Дым» из-за поднятой космонавтами пыли в запанельном пространстве. Правильность проведения монтажа кабелей и штатное функционирование компьютера ОВС-I была подтверждена тремя проверочными тестами:

- во время первого теста проверялась правильность сборки схемы в части подключения бортового питания и Ethernet, контроль работоспособности ОВС-I;
- во время второго теста был получен расширенный объем телеметрии от ОВС-I;
- во время третьего теста проверялось получение навигационных и баллистических данных, точность получения ОВС-I бортового времени.

По результатам проведенных тестов было принято решение о полной готовности ОВС-I к проведению эксперимента.

В феврале 2018 года на ТК «Прогресс МС-08» доставлен антенный блок «Икарус», а также специально разработанное в РКК «Энергия» оборудование для его монтажа: мачта, устройство «Якорь-Икарус», кабельные жгуты длиной по пятнадцать метров и др. Шлюзовой отсек (модуль СО1), из которого космонавты в скафандрах «Орлан-М» выходят в открытый космос, имеет выходной диаметр 1000 мм, позволяющий выносить крупногабаритные грузы. Антенна в транспортном положении после перемещения ее в СО1 дооснащается и приобретает конфигурацию для работы в открытом космосе.

С установленным оборудованием дооснащения антенный блок «Икарус» может перемещаться только через этот выходной люк.

Подготовка к внекорабельной деятельности

Выход в открытый космос – сложнейшая задача, которая выполняется космонавтами под руководством специалистов на Земле. Перед выходом космонавты заблаговременно начинают тщательную подготовку скафандров, средств шлюзования и шлюзовых отсеков, служебных систем, оборудования и инструментов, необходимых при работе в космосе. Подготовка научной аппаратуры «Икарус» заключалась в переводе антенного блока из транспортного положения в рабочее, подготовке мачты и устройства «Якорь-Икарус», а также намотке кабельных жгутов на устройство дооснащения универсальной кабельной платформы (УКП). Во время наземной подготовки к внекорабельной деятельности специалисты РКК «Энергия» промоделировали трассу прокладывания кабельных высокочастотных жгутов. Протяженность этой трассы составила около пятнадцати метров. Специально для монтажа НА «Икарус» УКП была доработана устройством дооснащения, позволяющим крепить УКП к поручням во время ВКД. Правильная намотка, укладка и фиксация соединителей в УКП – необходимое условие для успешного монтажа кабелей на внешней поверхности станции.

В ходе трансформации антенного блока из транспортного положения в рабочее, космонавты заменили транспортный кронштейн на фиксирующую платформу, позволяющую космонавтам во время ВКД удобно и надежно стыковать разъемы антенного блока с разъемами кабелей, монтируемых на внешней поверхности СМ.

Кроме того, космонавты установили на антенном блоке специальную проставку для его жесткой фиксации в замке мачты (рис. 1). Благодаря специально подобранным углам проставки и длине мачты обеспечивается расчетный угол направленности панелей антенного блока для обеспечения связи с тэгами и исключается затенение диаграммы направленности антенного блока элементами конструкции МКС.

Затем были демонтированы транспортный кронштейн приемных панелей, транспортировочный адаптер и ворсовые застежки с шарниров, предохранявшие антенный блок от несанкционированного раскрытия во время транспортировки на РС МКС.

Заключительная операция по подготовке антенного блока к ВКД – это проверка функционирования замков панелей антенн. Космонавты разблокировали шарниры приемной антенны и попробовали раскрыть панель (примерно на 10 градусов). Проверка показала отсутствие деформации замков при транспортировке. Специалисты по ВКД с помощью видеокамеры контролировали работу космонавтов в реальном времени, что позволило оперативно принять решение о готовности антенного блока к ВКД, не дожидаясь получения с борта результатов фотографирования.

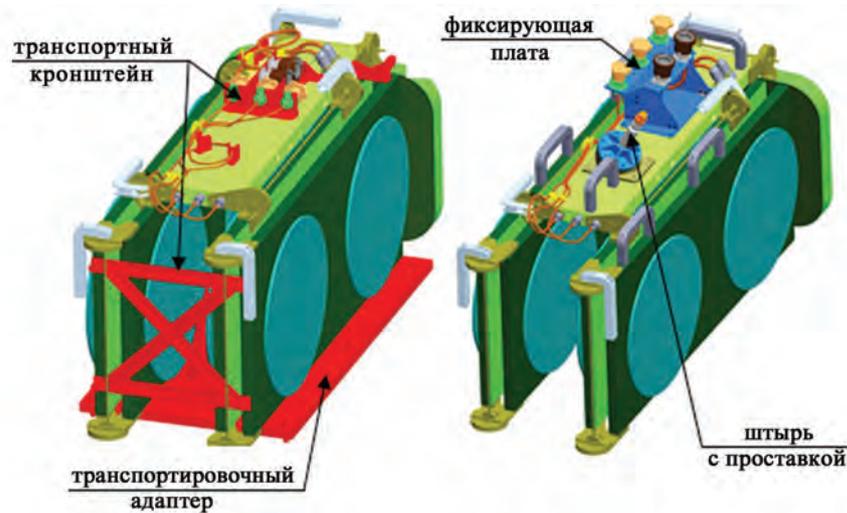


Рис. 1. Блок антенны в транспортном (слева) и рабочем (справа) положении

Следующим этапом подготовки аппаратуры космонавтами к ВКД стала подготовка устройства «Якорь-Икарус» (рис. 2). Это устройство фиксации ботинок скафандра высвобождает космонавту обе руки для работы и позволяет принять наклонную рабочую позу, благодаря чему увеличиваются размеры рабочей зоны.

Требования по нагрузкам от космонавта в скафандре «Орлан», которые должно выдерживать устройство «Якорь-Икарус», составляют:

- по моменту – 474,7 Н·м;
- по силе – 1219 Н.

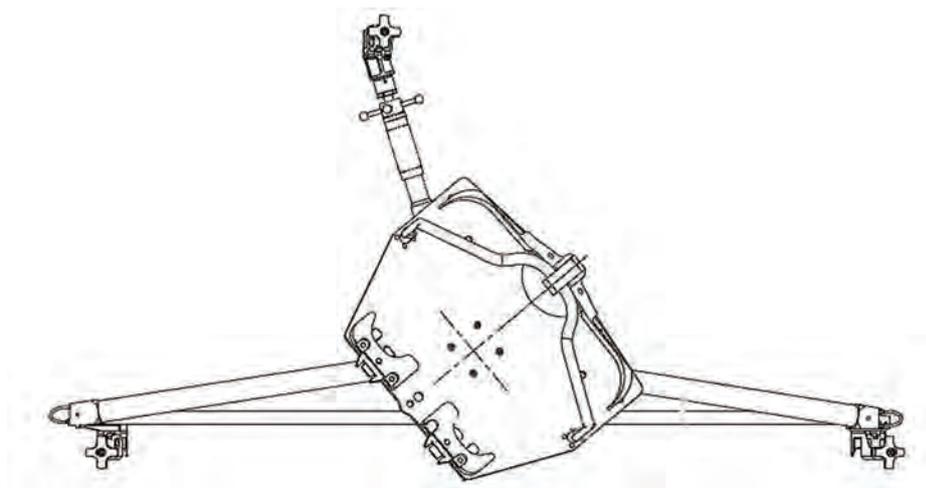


Рис. 2. Общий вид устройства «Якорь-Икарус»

Для проверки работоспособности устройства «Якорь-Икарус» в РКК «Энергия» были проведены его функциональные испытания. Устройство «Якорь-Икарус» устанавливалось в оснастку, имитируя рабочее положение, и подвергалось нагружению. Нагружение увеличивалось ступенчато на 20 % от заданного усилия с выдержкой 60 ± 10 с. После проведения динамических испытаний в РКК «Энергия» проводилась примерка устройства «Якорь-Икарус» на комплексном стенде служебного модуля.

Внекорабельная деятельность

Для удобства транспортировки оборудования «Икарус» из гермообъема станции к месту его монтажа специалисты по ВКД предложили космонавтам разделить оборудование «Икарус» на две укладки. Первая включала в себя устройство «Якорь-Икарус» и мачту, вторая – антенный блок. Первую укладку вынесли в самом начале ВКД и приступили к установке мачты на универсальное рабочее место дооснащения (УРМ-Д) на служебном модуле. На рис. 3 видно, что космонавты О.Г. Артемьев и С.В. Прокопьев находятся в районе УРМ-Д. После монтажа мачты они приступили к прокладке двух низкочастотных кабелей длиной 4,5 и 3,5 метра. По трассе прокладки кабелей космонавты фиксировали их специальными кабельными держателями и подключили одним концом к фиксирующей плате. Изнутри к этой плате (через переходники) были подключены внутренние кабели «Икарус». Таким образом, была обеспечена стыковка внешних кабелей с кабельной сетью внутри служебного модуля.

Устройство «Якорь-Икарус» космонавты с помощью замков установили на кольцевые поручни и на основание УРМ-Д.



Рис. 3. О.Г. Артемьев и С.В. Прокопьев во время установки аппаратуры «Икарус»

Следующим шагом установки оборудования «Икарус» стала транспортировка антенного блока. Для его монтажа О.Г. Артемьев, закрепившись ногами в устройстве «Якорь-Икарус», а С.В. Прокопьев, находясь с противоположной стороны от антенного блока, установили антенну штырем проставки в гнездо мачты. В этом же положении космонавты состыковали на фиксирующей плате антенного блока вторые концы низкочастотных кабелей, обеспечивающие электропитание и передачу телеметрии. Специалистами в ЦУПе-М контролировалось состояние телеметрических параметров. Получив подтверждение о стыковке кабелей питания и телеметрии, ЦУП выдал команды на подачу питания на нагреватели антенного блока. После контроля включения питания нагревателей, по указанию специалистов ЦУПа-М, экипаж приступил к укладке по внешней поверхности служебного модуля пятнадцатиметрового кабельного жгута, который зафиксировали в кабельных держателях и спиральных направляющих. Кабели, входящие в жгут, обеспечивают передачу целевой информации (информации с тэгов) от антенного блока в бортовой компьютер ОВС-1. Получив подтверждение от экипажа о завершении стыковки разъемов, специалисты ЦУПа-М выдали команды на включение питания ОВС-1, и только после его выхода в «рабочий режим» (примерно 10 минут) убедились, что стыковка кабельного жгута выполнена космонавтами надежно.

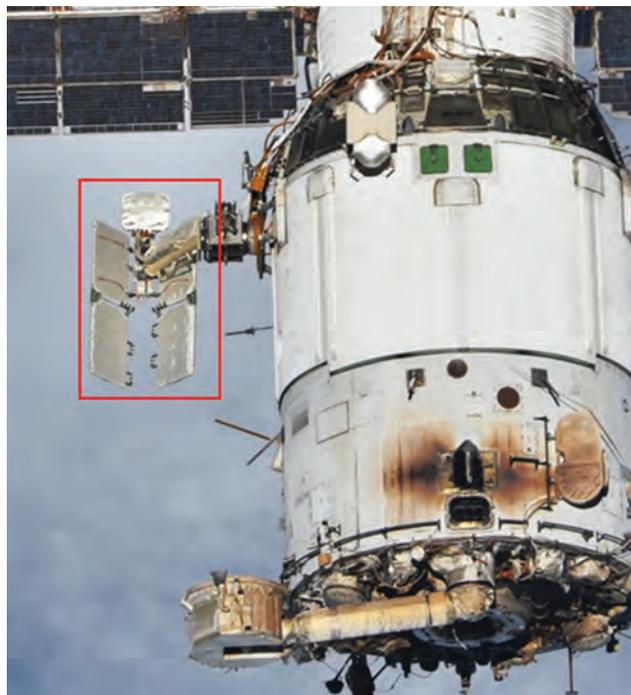


Рис. 4. Антенный блок «Икарус», установленный на внешней поверхности РС МКС

Во время заключительного этапа монтажа аппаратуры «Икарус» выполнялось раскрытие панелей антенного блока. Поочередно, в отработанной во время тренировок в бассейне Центра подготовки космонавтов (ЦПК) последовательности, космонавтами были разблокированы шарниры и раскрыты четыре панели приемника и панель передатчика. На рис. 4 изображен антенный блок, установленный на служебном модуле. Фото сделано О.Г. Артемьевым из корабля «Союз» во время возвращения его на Землю.

Тренировки экипажа

Успешный монтаж крупногабаритного оборудования «Икарус» на внешней поверхности МКС выполнен благодаря тщательной проработке конструкции, многочисленным наземным испытаниям, тренировкам космонавтов и скрупулезному планированию каждой операции.

Для отработки операций ВКД, обеспечивающих выполнение работ по монтажу научной аппаратуры «Икарус», космонавты тренировались в условиях моделированной невесомости в гидросреде, в гидротренажерном комплексе (бассейне) ЦПК (рис. 5). Работы проводились с участием специалистов РКК «Энергия» и ЦПК по ВКД. Космонавты отработали стыковку разъемов, установку и раскрытие антенного блока.

В ходе наземной отработки в РКК «Энергия» космонавтов ознакомили с конструкцией и механизмами научной аппаратуры (рис. 6). Здесь же проводилась встреча с учеными из Института географии РАН, которые рассказали о целях и задачах эксперимента.

Кроме того, с бортинженером О.Г. Артемьевым проводились специальные практические занятия по монтажу и работе с устройством «Якорь-Икарус». В ходе практического занятия космонавт приобрел необходимые знания и навыки, которые успешно применил во время выхода в открытый космос.

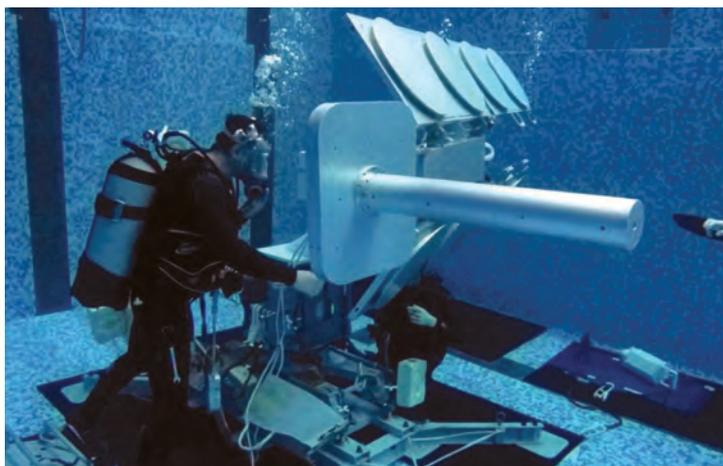


Рис. 5. Тренировка в гидротренажерном комплексе ЦПК



Рис. 6. Тренировка О.Г. Артемьева и С.В. Прокопьева в РКК «Энергия». Знакомство с конструкцией и механизмом замка мачты

Выводы

Разработанная и опробованная в России технология монтажа крупногабаритной аппаратуры на РС МКС позволила успешно установить сложную аппаратуру «Икарус» на внешней поверхности служебного модуля. Это позволяет начать эксперимент с аппаратурой «Икарус», который должен продемонстрировать техническую возможность получения пакетов данных от автономных, малогабаритных устройств, расположенных от МКС на расстоянии свыше 400 км. Первоначальная часть программы космического эксперимента посвящена испытаниям тэгов в различных условиях окружающей среды и на различных объектах, что позволит оценить технические возможности системы.

В ходе экспериментов с аппаратурой «Икарус» будет реализовано несколько крупных научных проектов. Использование глобальной системы контроля за перемещением объектов позволит решить важные научные проблемы. С помощью тэгов предполагается также контролировать подвижки ледников, оползней и других потенциально опасных явлений. Проведение космического эксперимента позволит продемонстрировать возможность использования МКС в качестве орбитальной научной лаборатории для отработки новых систем и технологий, что является одной из целей эксперимента «Ураган».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беляев М.Ю., Викельски М., Лампен М., Легостаев В.П., Мюллер У., Науманн В., Тертицкий Г.М., Юрина О.А. Технология изучения перемещения животных и птиц на Земле с помощью аппаратуры ICARUS на российском сегменте МКС // Космическая техника и технологии. – 2015. – № 3(10). – С. 38–51.

- [2] Johannes Weppler, Mikhail Belyaev, Olga Solomina, Martin Wikelski, Walter Naumann, Wolfgang Pitz ICARUS – Animal Observation from ISS // 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, 25–29 September 2017. pp. 1–11.

REFERENCES

- [1] Belyaev M.Yu., Wikelski M., Lampen M., Legostaev V.P., Muller U., Naumann W., Tertitsky G.M., Yurina O.A. Technology for Studying Migration of Animals and Birds on Earth Using ICARUS Equipment on the Russian Segment of the ISS // Space Engineering and Technology, 2015. No 3(10). pp. 38–51.
- [2] Johannes Weppler, Mikhail Belyaev, Olga Solomina, Martin Wikelski, Walter Naumann, Wolfgang Pitz ICARUS – Animal Migration Tracking from the ISS // The 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, September 25–29, 2017. pp 1–11.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТРЕНИРОВАННОСТИ КОСМОНАВТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

А.А. Курицын, В.И. Ярополов, А.А. Ковинский,
В.А. Копнин, И.В. Кутник

Докт. техн. наук, доцент А.А. Курицын; докт. техн. наук, профессор
В.И. Ярополов; канд. пед. наук А.А. Ковинский; В.А. Копнин; И.В. Кутник
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены методические положения по оценке подготовленности экипажей МКС к выполнению космического полета на борту МКС, которые включают в себя: показатели качества деятельности космонавтов, нормативные требования к деятельности космонавтов при проведении подготовки на тренажерах, методы оценки качества деятельности космонавтов, методы оценки тренированности космонавтов.

Ключевые слова: подготовка космонавтов, оценка деятельности космонавтов, тренажеры для подготовки космонавтов к полету на борту МКС.

Methods for Evaluation of Cosmonauts' Training Level When Training Crews of the International Space Station. A.A. Kuritsyn, V.I. Yaroplov, A.A. Kovinskiy, V.A. Kopnin, I.V. Kutnik

The paper considers the methodical provisions for evaluation the crew's training level for the space mission aboard the ISS that include: cosmonaut performance quality indicators, regulatory requirements for cosmonaut performance in the course of simulator-based training, methods for evaluation cosmonaut performance level, methods for evaluation the cosmonaut training level.

Keywords: cosmonaut training, evaluation of cosmonaut performance, simulators for training cosmonauts for flight aboard the ISS.

Деятельность экипажа на борту российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) в течение длительной экспедиции существенно отличается от деятельности, например, экипажа на борту транспортного пилотируемого корабля или экипажа самолета [1, 7, 8, 14, 15]. Общее количество взаимосвязанных между собой полетных операций и нештатных ситуаций на борту МКС, выполняемых с участием экипажа, достигает десятков тысяч [9]. Если первые орбитальные станции «Салют» включали в себя один орбитальный модуль и набор выполняемых операций на станции был очень ограничен, орбитальный комплекс «Мир» состоял уже из 7 модулей. МКС на данный момент представляет собой комплекс, включающий в себя российский и американский сегменты, европейский и японский модули и состоит из 18 модулей, двух внешних ферм и двух управляемых манипуляторов [3]. В ближайшие годы ожидается включение в состав

РС МКС еще трех модулей. Надо отметить, что система подготовки экипажей МКС на тренажерах станции в настоящее время представляет собой чрезвычайно сложную, зависящую от значительного количества факторов и связанную с множеством организаций систему [13]. Особое значение приобретает эффективность управления процессом подготовки космонавтов и, в том числе, разработка методов оценки тренированности космонавтов при проведении подготовки на тренажерах.

Показатели качества деятельности космонавтов

К настоящему времени получен значительный опыт подготовки космонавтов к выполнению космических полетов на борту орбитальных пилотируемых комплексов. Любая деятельность космонавта на борту РС МКС представляет собой комплекс взаимоувязанных последовательно осуществляемых действий e_i – операционных единиц деятельности (ОЕД), являющихся наименьшими элементами, до которых расчленяется деятельность [7, 8]. Для МКС таким элементом является полетная операция O_i , также к операционной единице деятельности относится и действие по выходу из НшС A_i .

Полетная операция O_i – это упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий, направленных на достижение цели, обычно связанных с эксплуатацией одной системы станции, выполнением одного научного эксперимента.

Нештатная ситуация A_i – ситуация, сложившаяся в результате появления замечаний или отказов, приводящих к изменению штатной программы полета.

Теоретически каждая операционная единица деятельности e_i может быть оценена в процессе подготовки через показатель c_i . В процессе подготовки космонавта показатель c_i изменяется по мере обучения, описывая траекторию $c_i(t, V_i)$, где t_i – время, а V_i – объем подготовки по ОЕД e_i . В целом, процесс подготовки космонавта может быть описан вектором $C_{<n>}(t, V) = [c_1(t, V_1), c_2(t, V_2), \dots, c_n(t, V_n)]$, каждый элемент которого описывает свою траекторию, зависящую от конкретного содержания ОЕД e_i и объема V_i подготовки по нему.

Полетные операции $\{O_i\}$ и НшС $\{A_i\}$ могут объединяться по принадлежности к системе станции или группе систем либо по принципу управляемости. Таким образом, операционные единицы деятельности e_i могут быть объединены в группы $\{e_i\}_j = \Gamma_j$, что дает возможность воздействия инструктора на деятельность экипажа в процессе тренировок не только при выполнении отдельной операции, но группы операций (например, выполнение определенного объема динамических операций). Каждая группа операционных единиц также может быть оценена через показатель c_{Γ_j} , описывающий в процессе обучения траекторию $c_{\Gamma_j}(t, V_j)$, где V_j – объем подготовки по ГОЕ Γ_j . Данная траектория в силу управляемости может формироваться инструктором с учетом состояния и потребностей процесса обучения.

Периодичность воздействия инструктора на характеристики деятельности космонавта в ОЕД e_i (ГОЕ Γ_j) зависит от типа оценки c_{Γ_j} . Если оценка $c_i(c_{\Gamma_j})$ является детерминированной (например, длительность выполнения той или иной операции), то она может быть получена после реализации каждой единицы обучения (например, одной тренировки, одного предъявления НшС, однократного выполнения операции и т.п.), а, следовательно, после каждой такой единицы обучения может быть осуществлен акт управления деятельностью космонавта, если это вызвано рассогласованием между оценкой $c_i(c_{\Gamma_j})$ и нормативным требованием $n_i(n_{\Gamma_j})$ к ней. Таким образом, для управления процессом подготовки космонавта по каждой ОЕД e_i либо ГОЕ Γ_j необходимо иметь «трубку» (траекторию $n_i(t)$, $n_{\Gamma_j}(t)$) нормативных требований к деятельности по этой ОЕД (ГОЕ) в процессе обучения.

Если же оценка $c_i(c_{\Gamma_j})$ является вероятностной, то для ее получения необходимо осуществить несколько единиц обучения, т.е. реализовать объем подготовки, достаточный для получения оценки заданной точности. В этом случае возможности управления процессом подготовки существенно ухудшаются, т.к. частота воздействия на процесс обучения значительно снижается.

С учетом сказанного выше для реализации полностью управляемого процесса подготовки космонавта необходимо иметь априори вектор $H_{\Gamma<m>}(t) = [n_{\Gamma_1}(t), n_{\Gamma_2}(t), \dots, n_{\Gamma_m}(t)]$ нормативных требований к деятельности по всем группам операционных единиц, динамически изменяющийся в процессе обучения. Этот вектор требует двойного нормирования: по времени и в пространстве. В пространстве нормированию подлежит качество деятельности, а во времени – процесс обучения, т.е. изменение качества деятельности в процессе обучения. Реализация управляемого процесса подготовки космонавта дает динамический вектор $C_{\Gamma<m>}(t, V_{\Gamma}) = [c_{\Gamma_1}(t, V_{\Gamma_1}), c_{\Gamma_2}(t, V_{\Gamma_2}), \dots, c_{\Gamma_n}(t, V_{\Gamma_n})]$ оценок деятельности по всему комплексу ГОЕ.

Деятельность экипажа МКС в полете направлена на управление движением станции, эксплуатацию бортовых систем, выполнение определенной программы научных экспериментов, действия в нештатных и аварийных ситуациях и т.д. (рис. 1). Таким образом, она сама является составной частью общего процесса выполнения определенной последовательности задач, которые взаимосвязаны между собой и характеризуются начальными и конечными условиями их решения, определенными критериями оптимальности данных процессов и ограничениями, наложенными на этот процесс, в том числе и деятельность экипажа. Все это позволяет применительно к каждой из задач найти оптимальную программу управления, включая и алгоритм деятельности космонавтов, и показатели качества ее решения в условиях оптимума. Таким образом, оптимальное решение любой составляющей задачи управления по существу предъявляет требования к уровню подготовки экипажа в конце процесса обучения, т.е. к значению $H_{\Gamma<m>}(t)$ вектора нормативных требований при $t = T_{\Pi}$, где T_{Π} – время окончания процесса подготовки.



Рис. 1. Тренировка экипажа МКС на тренажере РС МКС

Данное требование (норма) является объективным. Метрика процесса обучения на тренажерах РС МКС зависит от множества характеристик самого этого процесса: методического мастерства инструкторов, качества тренажных средств подготовки космонавтов, организации процесса планирования подготовки, индивидуальных особенностей личностей космонавтов и т.п. Исходной позицией для этой метрики является начальное значение вектора $H_{\Gamma < m >}(t)$ при $t = 0$, которое зависит от подготовленности космонавта L_0 , пришедшего на подготовку, а, следовательно, по своему существу является в значительной мере субъективным показателем (нормой).

Траектория процесса обученности космонавта, хотя и характеризуется определенными закономерностями, но в значительной мере отражает личные качества как космонавта, так и инструктора, т.е. также является в определенной мере субъективной характеристикой.

Формирование нормативных требований к деятельности космонавтов при проведении подготовки на тренажерах МКС

Все нормативные требования Nor к деятельности космонавтов по своему содержанию можно разделить на четыре группы (рис. 2): объемные Nor_o , параметрические Nor_p , критериальные Nor_{kr} и методические Nor_m нормативы.

Объемные нормативы Nor_o служат для обеспечения гарантированного качества подготовки космонавтов через задание объемных требований к ней. Они в свою очередь подразделяются на номенклатурные, количественные и номенклатурно-количественные.

Номенклатурные нормативы задают требования к объему подготовки V_{TP} путем перечисления названий проводимых занятий.



Рис. 2. Классификация нормативных требований к деятельности космонавтов при подготовке

Для подготовки экипажей МКС номенклатурными нормативами являются: «Перечень тренировок экипажа МКС на тренажерах», «Перечень полетных операций МКС $\{O_i\}$ », «Перечень нештатных ситуаций МКС $\{A_i\}$ » и т.п. [8].

Количественные нормативы определяют объем подготовки V_{TP} посредством указания количества проводимых занятий. К таким нормативам относятся: количество тренировок для экипажей МКС N_{TP} , нормативное число отработок полетной операции в процессе тренировок $n(O_i)$, нормативное число предьявлений нештатной $n(A_i)$ ситуации при проведении тренировок и т.п.

Номенклатурно-количественные нормативы регламентируют объем подготовки V_{TP} путем взаимоувязанного назначения состава проводимых тренировок и объемов подготовки по ним. Для подготовки экипажей МКС это: «Типовая программа подготовки экипажей МКС», «Программа подготовки конкретного экипажа МКС».

Параметрические нормативы Nor_p задают требования к деятельности космонавтов через значения параметров, определяющих ее качество. В эту группу входят следующие нормативы: допусковый статический, допусковый динамический, допусковый связанный, асимптотический.

Наиболее распространенным является допусковый статический норматив, задающий допуски на значение параметров. Например: расход рабочего тела V_{PT} на выполнение динамической операции, длительность выполнения полетной операции τO_p , длительность выхода из НшС τA_p , показатели касания при стыковке (скорость касания $\dot{\rho}$, величина промаха l) и т.п. [4, 5].

Допусковый динамический норматив определяет требования к подготовке через допуски на значения параметров, которые функционально зависят от значений других параметров. В качестве примера такого норматива может рассматриваться зависимость значения скорости сближения $\dot{\rho}$ от дальности между космическими аппаратами ρ .

Допусковый связанный норматив характерен тем, что здесь во взаимосвязи находятся два или более допусков на значения параметров, определяющих качество деятельности. Примером в данном случае может служить взаимосвязь вибрации станции при выполнении динамических операций МКС с качеством выполнения технологического научного эксперимента.

В асимптотическом нормативе задается предельное значение того или иного параметра, которое можно достичь при выполнении условий оптимального управления. Например: минимальный расход рабочего тела V_{PTmin} при проведении перестыковки, минимальное время реагирования на аварию τA_{imin} и т.п.

Критериальные нормативы Nor_{kr} распространяются на оценки качества деятельности космонавтов (преимущественно на принимаемые решения) в оптимизационной постановке. К их числу относятся: лексикографические, бинарные и дискретно-весовые нормативы.

Лексикографические нормативы задают требования к деятельности через строго упорядоченные по приоритету варианты действий космонавтов. Нормативами для деятельности экипажа на борту МКС являются: определенная последовательность действий при выполнении полетных процедур с использованием бортовой документации, упорядоченные по приоритету варианты продолжения космического полета в НшС, приоритетность информации в докладе космонавтов на Землю и т.п.

Бинарные нормативы относятся к двухальтернативным требованиям, предъявляемым к качеству деятельности космонавтов. К ним относятся: возможность выполнения того или иного варианта плана полета, выдача управляющих воздействий при дискретном управлении системами МКС, правильность выдачи комментария по связи и т.п.

Дискретно-весовые нормативы применяются для нормирования деятельности космонавтов в тех случаях, когда варианты действий космонавтов не требуют упорядочения по приоритету, но требуют упорядочения по их качеству (значимости). К данной категории относится полнота учета факторов при планировании деятельности на борту МКС.

Методические нормативы Nor_m относятся к требованиям, предъявляемым к характеру и процессу деятельности, и включают в себя: организационные, алгоритмические, условные, терминальные, траекторные и программные нормативы.

Организационные нормативы задают требования к организации деятельности экипажа МКС. К ним относятся: распределение работ на борту между членами экипажа станции в соответствии с обязанностями, распределение информации (по содержанию) между членами экипажа для доклада на Землю и т.п.

Алгоритмические нормативы определяют требования к алгоритмам деятельности экипажа. Данными нормативами являются: алгоритм действий экипажа в аварийной ситуации, способ выхода из нештатной ситуации, алгоритм выполнения полетной операции в штатных режимах полета и т.п.

Условные нормативы регламентируют ограничения, которые должны быть выполнены космонавтами при осуществлении деятельности. К данным нормативам относятся: достижение оптимальных условий освещенности космического аппарата (КА) при выполнении стыковки, соблюдение условий фотосъемки Земли и т.д.

Терминальные нормативы задают конечные условия выполнения деятельности. Данным нормативом является осуществление срочного покидания станции при аварии (срочный спуск).

Траекторные нормативы применяются для нормирования траектории движения КА при выполнении операций ручного управления движением. При этом задается эталонная траектория движения КА по условиям баллистики и принятого закона управления. На борту МКС к данным нормативам относятся нормативы проведения стыковки, расстыковки и перестыковки различных КА.

Программные нормативы определяют требования, предъявляемые к деятельности по управлению программой полета МКС. К ним относятся следующие нормативы: выполнение программы полета МКС, учет факторов, влияющих на выполнение программы полета (сеансов связи, зон света и тени и т.п.) [14].

Приведенные выше нормативы отражают и охватывают практически все компоненты деятельности космонавтов на борту МКС как по полноте их отработки, так и по структуре, содержанию и качеству деятельности, включая этап принятия решений, и формируют вектор $H_{\Gamma < m >}(t) = [H_{\Gamma 1}(t), H_{\Gamma 2}(t), \dots, H_{\Gamma m}(t)]$ нормативных требований к деятельности по всем группам операционных единиц.

Опыт подготовки экипажей МКС показывает, что объемные нормативы Nor_o используются для оценки программы подготовки; для оценки качества деятельности космонавтов в ходе проведения тренировки и формирования оценок, выставляемых по итогам проведения тренировок (в том числе экзаменационных), применяются параметрические Nor_p , критериальные Nor_{kr} и методические Nor_m . При этом самыми распространенными являются: параметрические нормативы Nor_p , которые наиболее применимы для тренировок на специализированных тренажерах (например, требования по стыковке) и комплексных тренажерах (ограничения по длительности выполнения полетной операции); критериальные нормативы Nor_{kr} чаще используются при оценке деятельности космонавтов в процессе комплексных тренировок, что связано с необходимостью выполнения определенной последовательности действий в соответствии с бортовой документацией.

Методы оценки качества деятельности космонавтов

Одним из важнейших принципов оценивания качества деятельности космонавтов является требование, чтобы все оценки базировались на фактах, то есть на объективном анализе их практической деятельности [4–7].

Для оценки качества деятельности космонавтов в процессе полета или подготовки на тренажерах МКС наиболее предпочтительными являются следующие 3 метода оценивания:

- получение вероятностной оценки $c_i(c_{Г_j})$ как результата осуществления нескольких повторяемых единиц обучения;
- получения оценок $c_i(c_{Г_j})$, оценки за тренировку $K_{тр}$ на основе отклонений от штатной деятельности;
- на основе экспертных оценок.

Получение вероятностной оценки

Как уже отмечалось выше, получение вероятностной оценки $c_i(c_{Г_j})$ выполнения конкретной ОЕД e_i (ГОЕ $Г_j$) приводит к ухудшению возможности управления процессом подготовки в связи с необходимостью применения нескольких повторяемых единиц обучения. Данный метод оценивания применим при проведении подготовки на специализированных тренажерах МКС по отработке конкретной операции (отработка телеоператорного режима стыковки, операции с робототехникой, выполнение прикладного эксперимента, связанного с выдерживанием точностных характеристик и т.п.) (рис. 3).

Вероятностная оценка выполнения i -й операции будет равна [4, 5]:

$$c_i = P(O_i), \quad (1)$$

$$P_i(O_i) = \frac{m}{n}, \quad (2)$$

где m – число результатов, соответствующих нормативным требованиям;
 n – общее число выполненных упражнений.

Для получения итоговой вероятностной оценки применимы все положения теории вероятностей.



Рис. 3. Космонавты О.Д. Кононенко и А.Н. Шкаплеров отработывают телеоператорный режим стыковки

Получение оценки на основе отклонений норм от штатной деятельности [7, 8, 13]

В качестве критерия измерения качества деятельности космонавтов принимается мера (амплитуда) отклонения от нормативных требований к деятельности (нормы штатной деятельности). Любое несоответствие в работе экипажа вектору $H_{\Gamma < m >}(t) = [n_{\Gamma 1}(t), n_{\Gamma 2}(t), \dots, n_{\Gamma m}(t)]$ нормативных требований к деятельности по всем группам операционных единиц определяется как отклонение от нормы штатной деятельности.

В настоящее время при проведении подготовки экипажей МКС на комплексных тренажерах используется оценивание деятельности космонавтов на основе метода отклонений от норм штатной деятельности.

Выбор оценок степени отклонения от норм результатов и характеристик процессов деятельности экипажей МКС обусловлен следующими соображениями. Во-первых, отклонение от нормы является мерой дезадаптации или дезорганизации системы «ЦУП–экипаж–МКС» и может использоваться для характеристики ее свойств, в частности, для оценки эффективности деятельности экипажа. Во-вторых, множество критериев оценивания можно свести к одному, что позволяет при задании универсальных шкал оценивания мер отклонений с единых позиций оценивать и эргатические, и технические элементы системы. В-третьих, как показывает опыт анализа космических полетов, отклонения от норм легко наблюдаемы – процедура регистрации факта наличия отклонений в системе в настоящее время достаточно отработана и не вызывает особых затруднений. В-четвертых, данный способ оценивания позволяет осуществлять акт управления деятельностью космонавта после каждого выполнения ОЕД e_i (ГОЕ Γ_j), если это вызвано рассогласованием между оценкой $c_i(c_{\Gamma j})$ и нормативным требованием $n_i(n_{\Gamma j})$ к ней [7, 8].

Деятельность космонавтов характеризуется способностью поддерживать качество результатов деятельности как в штатных условиях, так и в условиях возмущающего воздействия разнообразных ситуативных факторов. Целевые возможности характеризуют потенциальные возможности космонавтов достигать основных целей программы полета МКС в конкретных условиях. Они определяются, в первую очередь, качеством подготовленности космонавтов, их психофизиологическим состоянием, физическими возможностями. В этом случае мерой отклонения результата от нормы считается цена (или ущерб) этого отклонения для функционирования МКС. Для выполнения процедур выявления и последующей классификации отклонений от нормы разработана система определения отклонений на основе классификатора отклонений от нормы.

В соответствии с классификатором отклонения от нормы штатной деятельности экипажа МКС можно подразделить на два вида: ошибки и замечания [7, 8].

Ошибка – отклонение от нормы штатной деятельности, влияющее на выполнение программы полета.

Замечание – отклонение от нормы штатной деятельности, не влияющее на выполнение программы полета.

Каждое отклонение от нормы штатной деятельности экипажа (ошибка или замечание) оценивается в штрафных баллах.

По своей значимости (весовому значению), выраженной в количестве штрафных баллов, ошибки (весовое значение ошибки – d) и замечания (весовое значение замечания – h) на основе опыта подготовки космонавтов подразделяются следующим образом:

- ошибки:
 - ошибки, приводящие к «гибели» экипажа или станции в целом (очень существенные) – $d_1 = 100$ баллов;
 - ошибки, приводящие к срыву программы полета и досрочному (срочному) спуску (существенные) – $d_2 = 50$ баллов;
 - ошибки, приводящие к срыву динамического режима или космического эксперимента с возможностью его повторной реализации (малосущественные) – $d_3 = 25$ баллов;
 - ошибки, приводящие к невыполнению отдельной полетной операции (процедуры), а также создание условий, критичных для работы приборов, систем станции и работоспособности экипажа (несущественные) – $d_4 = 10$ баллов.
- замечания:
 - замечания как выход за норму частных критериев (существенные) – $h_1 = 5$ баллов;
 - замечания как неоптимальные действия (несущественные) – $h_2 = 1$ балл.

Таким образом, данный способ оценивания предусматривает оценку качества деятельности и получение оценок c_i ($c_{Г_j}$) в виде начисления штрафных баллов в случае отклонения от нормы при выполнении операционной единицы деятельности e_i .

Оценки за выполнение ОЕД e_i (ГОЕ G_j) в процессе тренировки используются для формирования управляющих воздействий, корректирующих воздействий при управлении подготовкой экипажей на тренажерах.

Оценивание деятельности на основе экспертных оценок

Вероятностная оценка и оценка на основе метода отклонений не всегда позволяют идентифицировать «узкие» места в подготовке экипажей МКС, выявлять качество отдельных операторских функций космонавта. В таких случаях возможно экспертное оценивание качества деятельности экипажа. В основе данного метода лежит оценка несколькими специалистами по подготовке космонавтов (экспертами) операторских функций космонавтов, сделанная по результатам наблюдений действий экипажа [7, 10, 11]. Для оценивания целесообразно ввести пятиуровневую классификацию операторских функций экипажа [7]. Первый уровень структуры включает в себя следующие классы операторских функций (табл. 1):

1. Типовые функции контроля и управления ОПК.
2. Действия в нештатных ситуациях.
3. Организация деятельности экипажа.
4. Взаимодействие в экипаже.
5. Взаимодействие экипажа с ЦУПом.

Следующие нижестоящие уровни детализируют содержание операторских функций более высокого уровня. Эксперту достаточно оценить качество операторских функций самого нижнего уровня, оценки по вышестоящим уровням рассчитываются автоматически. Оценки выставляются по четырех-балльной системе.

Основными недостатками данного метода оценивания являются:

- невозможность оценить все операторские функции на данной тренировке, так как тренировка представляет собой только набор упражнений, операции по всем операторским функциям в одну тренировку внести невозможно;
- субъективность оценивания;
- невозможность использовать субъективные оценки в качестве управляющих параметров подготовки экипажей МКС.

Таблица 1

Пример образца таблицы оценивания операторских функций экипажа МКС

Операторские функции экипажа	Оценка
1 Типовые функции контроля и управления	
1.1 Умение работать по БД	
1.1.1 Умение найти нужный раздел БД	
1.1.2 Умение использовать общие правила БД	
1.1.3 Умение читать БД	
1.1.4 Умение выполнять последовательность действий по БД	
1.2 Функции контроля	
1.2.1 Контроль состояния систем ПКА и окружающей среды	
1.2.1.1 Контроль состояния систем по транспарантам ПСС	
1.2.1.2 Контроль параметров систем по форматам	
1.2.1.3 Контроль состояния систем по СОИ отдельных приборов	
1.2.1.4 Неинструментальный контроль	
1.2.2 Контроль параметров движения ПКА	
1.2.2.1 Контроль ориентации ПКА	
1.2.2.2 Контроль параметров относительного движения ТК и станции	
1.3 Функции управления	
1.3.1 Выдача дискретных команд	
1.3.1.1 Выдача команд, процедур с Laptop	
1.3.1.2 Выдача команд с автономных пультов, блоков	
1.3.2 Работа с люками	
1.3.2.1 Работа с переходными люками	
1.3.2.1.1 Ручное ОПЛ/ЗПЛ	
1.3.2.1.2 Проверка герметичности ПЛ	
1.3.2.1.3 Проверка герметичности стыка	
1.3.2.1.4 Выравнивание давлений	

Таблица 1 (окончание)

Операторские функции экипажа	Оценка
1.4 Функции технического обслуживания и ремонта	
1.4.1 Плановое, регулярное ТО (многократно в течение полета)	
1.4.2 Внеплановые ТОР	
1.4.3 Работа с системой инвентаризации	
1.5 Функции оператора-исследователя при проведении НЭ	
2 Действия в НшС	
2.1 Обнаружение и распознавание отклонений в состоянии систем и НА	
2.2 Принятие адекватных решений по выходу из НшС	
2.3 Реализация принятых решений по выходу из НшС	
3 Организация деятельности экипажа	
3.1 Прогноз развития событий	
3.2 Планирование действий экипажа в целом	
3.3 Распределение задач между членами экипажа	
3.4 Контроль исполнения	
4 Взаимодействие в экипаже	
4.1 Командирское руководство	
4.2 Распределение ролей и функций в экипаже	
4.3 Согласованность действий членов экипажа	
4.4 Взаимоконтроль действий	
5 Взаимодействие с ЦУПом	
5.1 Прием информации из ЦУПа	
5.1.1 Прием данных по формам р/г	
5.1.2 Прием данных на режим	
5.1.3 Прием массива уставок	
5.1.4 Прием рекомендаций ЦУПа	
5.2 Передача информации в ЦУП	
5.2.1 Доклады в с/с	
5.2.2 Репортажи, квитанции по действиям	
5.2.3 Передача данных по формам р/г	
5.2.4 Передача массива данных	
5.3 Оперативные ДпоУЗ	
5.3.1 Ввод массива уставочных данных	
5.3.2 Выдача последовательности команд (в с/с)	
5.3.3 Выдача последовательности команд в заданное время (вне с/с)	
5.3.4 Реализация плана действий, рекомендованного ЦУПом	

Данный метод оценивания наиболее применим для получения итоговой оценки тренированности экипажей МКС по результатам проведения подготовки.

Методы оценки тренированности

Для определения оценки тренированности космонавтов к выполнению программы космического полета рассмотрим психофизиологические характеристики оператора. Среди этих характеристик для экипажей МКС наибольшее значение имеют передаточные функции по зрительному и слуховому каналам.

Передаточные функции космонавта определяются его психофизиологическими особенностями и свойствами контура управления, в котором он работает. Так как МКС можно отнести к стационарному контуру управления, то передаточная функция космонавта при восприятии информации по зрительному и слуховому каналам и передачи сигналов на органы управления имеет вид [4–6]:

$$W_o(s) = \frac{ke^{-as}(a\tau_1s + 1)}{(\tau_1s + 1)(\tau_2s + 1)}, \quad (3)$$

где k – коэффициент усиления; τ – время формирования ответной реакции на входной сигнал; τ_1 и τ_2 – постоянные времени, характеризующие передачу сигналов по нервным волокнам; a – коэффициент, учитывающий тренированность, опыт, тренировку, утомление, вид задания.

Показано [6], что для разных частот воспринимаемого сигнала параметры передаточной функции принимают различные значения, что указывает на адаптивные свойства оператора. Оператор, работая в контуре управления, адаптируется путем изменения параметров τ_1 , τ_2 и k , стремясь к минимизации средней квадратичной ошибки и поддержанию запаса по фазе порядка 40° .

Представленная передаточная функция является математической моделью деятельности космонавта в контуре управления МКС или тренажера. Знания, навыки и умения, необходимые для правильной эксплуатации систем станции, приобретаются, в том числе, в ходе подготовки на тренажерах.

При рассмотрении передаточной функции (3) степень тренированности космонавта характеризуется коэффициентом a . Этот коэффициент в процессе обучения возрастает и достигает некоторого предельного значения a_{TP} , при котором процесс обучения считается законченным, далее требуется осуществлять поддержание степени тренированности на необходимом уровне. Нарастание степени тренированности в процессе подготовки при выполнении определенного вида деятельности происходит по экспоненциальному закону [4].

Передаточная функция, характеризующая процесс подготовки в соответствии с экспериментальными данными, может быть представлена в виде инерциального звена:

$$W_{об}(s) = \frac{1}{(\tau_o s + 1)}, \quad (4)$$

где τ_o – постоянная времени обучения, составляющая в среднем 25 дней.

Таким образом, коэффициент тренированности в соответствии с передаточной функцией $W_{об}(s)$ можно представить в виде:

$$a(s) = \frac{a_o}{(\tau_o s + 1)}, \quad (5)$$

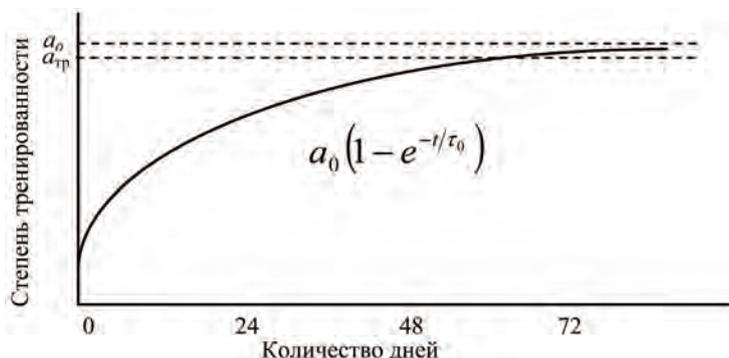


Рис. 4. Характеристика степени тренированности космонавта

На рисунке 4 представлен график процесса нарастания степени тренированности как функции времени [4].

В прямом виде определить степень тренированности космонавта к выполнению программы полета, представляющей собой совокупность нескольких тысяч полетных операций и нештатных ситуаций, весьма проблематично.

В общем случае, при изучении материала, который можно представить в виде дискретных, приблизительно равных порций, степень обученности (тренированности) может характеризоваться статистической вероятностью, определяемой как отношение числа усвоенных порций m к общему количеству преподносимых порций N [4, 5], которую можно определить:

$$P_{об} = m/N. \quad (6)$$

В конкретном случае космонавт выполнит операцию правильно (1) или неправильно (0), но эти величины не являются вероятностными, так как относятся к одной реализации. При рассмотрении абстрактной совокупности обучаемых с одинаковым начальным уровнем тренированности, то вероятность $P_{коб}$ того, что космонавт выполнит безошибочно k -ю операцию будет определяться как процент обучающихся из данной совокупности, выполнивших правильно k -ю операцию.

Вероятность безошибочной работы операторов при выполнении i -й операции будет равна:

$$P_i(T_i) = 1 - n_o(T_i)/N_o, \quad (7)$$

где $n_o(T_i)$ – число неправильных выполнений операций за время T_i , N_o – общее количество сделанных операций.

Система баллов является наиболее распространенной при оценке обучения. Если космонавт получил l баллов в N -балльной системе за определенный период, то с известным приближением можно сказать, что вероятность того, что космонавт выполнит i -ю операцию, к которой готовился, равна:

$$P_i(O_i) = l/N. \quad (8)$$

При использовании системы «штрафных баллов» вероятность выполнения операции, соответственно, будет равна:

$$P_i(O_i) = 1 - l_{ump}/N. \quad (9)$$

При подготовке космонавтов на комплексных и специализированных тренажерах может возникнуть задача прогнозирования подготовки, для чего могут быть использованы интуитивные модели получения априорных оценок. Статистика оценок космонавтов при выполнении программы тренировок может быть записана в виде матрицы [12]:

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n-1} & \alpha_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{k1} & \alpha_{k2} & \dots & \alpha_{kn-1} & \alpha_{kn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \dots & \alpha_{mn-1} & \alpha_{mj} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где α_{ij} – оценка i -го космонавта на j -й тренировке; α_{ij} ($i = 1, \dots, k-1; j = 1, \dots, n$), α_{ij} ($i = k, \dots, m; j = 1, \dots, n-1$) – известные оценки по тренировкам, α_{in} ($i = k, \dots, m$) – оценки i -го космонавта на j -й тренировке, которые требуется определить априори.

В качестве показателей тренированности космонавтов и сложности проводимых тренировок могут использоваться [10, 11]:

математическое ожидание оценок i -го космонавта по $n-1$ тренировкам:

$$\mu_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} \alpha_{ij}; \quad (11)$$

математическое ожидание оценок $k-1$ космонавтов на n -й тренировке:

$$v_n = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^{k-1} \alpha_{in}; \quad (12)$$

математическое ожидание оценок $k-1$ космонавтов по n тренировкам:

$$\beta = \frac{1}{n(k-1)} \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}. \quad (13)$$

Исходя из методов оценки деятельности, представленных выше, представляется возможным определять оценку тренированности космонавтов к выполнению программы космического полета по результатам проведения тренировок на тренажерах МКС с использованием метода отклонений от штатной деятельности либо с использованием метода экспертных оценок.

**Оценка тренированности космонавтов
к выполнению программы космического полета
с использованием метода отклонений
от штатной деятельности**

В основу технологии оценки действий экипажа в процессе тренировки положен метод, основанный на формировании перечня отклонений от нормы штатной деятельности, допущенных экипажем в процессе тренировки, и подсчета их суммарного штрафного балла $\sum_{ш}$ (количество суммарных штрафных баллов). На основе суммарного штрафного балла за тренировку $\sum_{ш}$ определяется оценка деятельности экипажа за тренировку $K_{тр}$.

Суммарный штрафной балл $\sum_{ш}$ или количество суммарных штрафных баллов, полученных экипажем за тренировку, определяется как результат суммирования весовых значений $d_1, d_2, d_3, d_4, h_1, h_2$ всех допущенных экипажем ошибок и замечаний за тренировку.

В результате идентификации и классификации отклонений в деятельности экипажа на тренировке устанавливаются и распределяются по группам все допущенные ошибки и замечания, определяется их общее количество по типам ошибок $I(d_1), I(d_2), I(d_3), I(d_4)$ и типам замечаний $J(h_1), J(h_2)$.

Суммарный штрафной балл определяется по формуле:

$$\sum_{ш} = I(d_1) d_1 + I(d_2) d_2 + I(d_3) d_3 + I(d_4) d_4 + J(h_1) h_1 + J(h_2) h_2. \quad (14)$$

Пример оценки деятельности космонавтов в процессе тренировки на комплексных тренажерах РС МКС в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина

В настоящее время деятельность экипажа в процессе тренировки на комплексных тренажерах РС МКС оценивается по четырехбалльной системе от 5,00 до 2,00, с точностью до двух знаков после запятой по критериям, приведенным в таблице 2 [8].

В случае ошибки экипажа при выполнении полетной операции (нештатной ситуации) инструктором принимается решение о перепланировании данной тренировки и повторном проведении данной операции либо изменении программы подготовки и внесении данной операции (нештатной ситуации) в программу следующей тренировки.

Таблица 2

Пример оценки деятельности космонавтов в процессе тренировки

Оценка $K_{тр}$	Критерии выставления оценки от суммарного штрафного балла
5,00	$\sum_{ш(5)} = 5$
4,00	$\sum_{ш(4)} = 35$
3,00	$\sum_{ш(3)} = 45$
2,00	$\sum_{ш(2)} = 55$

Если суммарный штрафной балл за тренировку $\sum_{ш}$ больше 55 баллов, то оценка за тренировку $K_{ТР}$ равна 2,00. Если суммарный штрафной балл за тренировку $\sum_{ш}$ находится между приведенными в таблице значениями, оценка за тренировку $K_{ТР}$ рассчитывается по дополнительным формулам.

При положительных результатах оценки деятельности экипажа по всем тренировкам ($K_{ТР} \geq 4$) итоговая оценка по всем тренировкам определяется по формуле:

$$K_{ИТ} = \sum K_{ТРi} / n, \quad (15)$$

где $K_{ТРi}$ – оценка деятельности экипажа на i -й тренировке; n – общее количество тренировок.

Оценка тренированности космонавтов к выполнению программы космического полета с использованием метода экспертных оценок

Как было отмечено ранее, в основе данного способа оценивания лежит оценка несколькими специалистами по подготовке космонавтов (экспертами) операторских функций космонавтов, сделанная по результатам наблюдений действий экипажа в процессе тренировок.

Оценка тренированности определяется как усредненное значение оценок по классам операторских функций (табл. 1). Обычно главным затруднением использования данного метода является отсутствие необходимого числа экспертов-специалистов по всем системам МКС, участвующих в проведении тренировок. Участие в тренировках экипажей разных специалистов приводит к неточностям в сравнении результатов оценивания космонавтов.

Выводы

Представленные в статье классификация и состав нормативных требований к деятельности космонавтов в процессе подготовки на тренажерах МКС позволяют решать задачу управления подготовкой космонавтов, исходя из требований к уровню подготовки экипажа в конце процесса обучения.

Представлены методы оценки деятельности космонавтов для управления процессом подготовки на тренажерах МКС. Опыт подготовки экипажей МКС показал, что метод, основанный на использовании отклонений от штатной деятельности, позволяет осуществлять управление процессом подготовки экипажей на комплексных и специализированных тренажерах на основе нормативных требований к деятельности космонавтов в процессе тренировки. В качестве критерия измерения качества деятельности космонавтов при использовании метода отклонений от штатной деятельности принимается мера (амплитуда) отклонения от нормативных требований к деятельности (нормы штатной деятельности).

Рассмотрены методы определения степени тренированности космонавтов на основе предложенных методов оценивания деятельности. Для опре-

деления степени тренированности могут использоваться: математическое ожидание оценок $K_{тр}$, получаемых экипажем в процессе тренировок, интуитивные модели получения априорных оценок.

Данные подходы по определению степени тренированности космонавтов могут быть использованы и при подготовке к космическому полету экипажей перспективных КА, в том числе и экипажей лунных экспедиций [2].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Курицын А.А., Дмитриев В.Н. Создание, реализация и развитие технологии многосегментной подготовки к полету экипажей Международной космической станции // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 4(25). – ISSN 2226-7298.
- [2] Крючков Б.И., Усов В.М., Ярополов В.И., Сосюрка Ю.Б., Троицкий С.С., Долгов П.П. Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(19). – 2016. – С. 35–57.
- [3] История развития отечественной пилотируемой космонавтики. Под ред. Бармина И.В. – М.: ООО «Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2015. – 752 с.
- [4] Авиационные тренажеры / В.А. Боднер, Р.А. Закиров, И.И. Смирнова. – М.: Машиностроение, 1978. – 192 с.
- [5] Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов летательных аппаратов / Л.С. Демин, Ю.Г. Жуковский, А.П. Семенин и др.; Под ред. В.Е. Шукшунова. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.
- [6] Кубасов В.Н. и др. Профессиональная подготовка космонавтов. – М.: Машиностроение, 1985. – 97 с.
- [7] Сохин И.Г. Комплексная подготовка экипажей МКС как управляемый технологический процесс. Монография. – Звездный городок Московской области: РГНИИЦПК им. Ю.А. Гагарина, 2007. – 178 с.
- [8] Курицын А.А. Методы и средства автоматизированного управления технологическим процессом комплексной подготовки экипажей орбитальных пилотируемых комплексов. Монография. – Звездный городок Московской области: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2011. – 280 с.
- [9] Соловьев В.А. Управление космическими полетами: учеб. пособие: в 2 ч. / В.А. Соловьев, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский; под общей редакцией Л.Н. Лысенко. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 902 с. – ISBN 978-5-7038-3350-6.
- [10] Грешилов А.А. Математические методы принятия решений: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 584 с. – ISBN 5-7038-2893-7.
- [11] Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с. – ISBN 5-9221-0274-5.
- [12] Чернскутов А.И. Оценка тренированности летчика с помощью матриц вероятностей перехода / Чернскутов А.И., Жиров А.Ю. – Тем. науч. сб. № 2, Монино, ВВА им. Ю.А. Гагарина, 2003.
- [13] Определение основных управляющих параметров подготовки экипажей Международной космической станции на комплексных и специализированных тренажерах / Курицын А.А., Онуфриенко Ю.И., Ковинский А.А., Копнин В.А. // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 3(20). – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». – ISSN 2226-7298.
- [14] Курицын А.А., Кондрат А.И., Рыбкин Д.Е., Копнин В.А., Корзун Е.И., Мисуркин А.А. Основные задачи подготовки и результаты деятельности экипажа

МКС-53/54 при выполнении программы космического полета // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 3(28). – С. 5–16. – ISSN 2226-7298.

- [15] Использование результатов выполнения экипажем МКС-43/44/45/46 годового полета на борту Международной космической станции в интересах осуществления полетов в дальний космос / Курицын А.А., Онуфриенко Ю.И., Ковинский А.А., Копнин В.А., Корниенко М.Б. // Полет. – № 8–9. – 2016, Москва. – ISSN:1684-1301.

REFERENCES

- [1] Kuritsyn A.A., Dmitriev V.N. Development, realization, and evolution of the technology of multi-segment training of crews for missions on the International Space Station // Manned Space Flights. – 2017. – No 4(25). – ISSN 2226-7298.
- [2] Kryuchkov B.I., Usov V.M., Yaropolov V.I., Sosyurka Yu. B., Troitskiy S.S., Dolgov P.P. On the features of professional activity of cosmonauts when implementing lunar missions // Manned Space Flights. – No 2(19). – 2016. – pp. 35–57.
- [3] The history of domestic manned cosmonautics. Edited by Barmin I.V. – Moscow: Stolichnaya Encyclopedia Publishing House, 2015. – p. 752.
- [4] Aviation training devices / Bodner V.A., Zakirov R.A., Smirnova I.I. – Moscow: Mashinostroyenie, 1978. – p. 192.
- [5] Automated systems for professional training of aircraft operators. / Dyomin L.S., Zhukovskiy Yu.G., Semenin A.P. and others. Edited by Shukshunov V.I. – Moscow: Mashinostroyenie, 1986. – p. 240.
- [6] Kubasov V.N. and others. Professional cosmonaut training. – Moscow: Mashinostroyenie, 1985. – p. 97.
- [7] Sokhin I.G. Comprehensive training of the ISS crews as a controlled technological procedure. Monograph. – Star City, Moscow region: Gagarin Test&Research CTC, 2007. – p. 178.
- [8] Kuritsyn A.A. Methods and means of computer-aided process control for comprehensive training of the crews of orbital piloted complexes. Monograph. – Star City, Moscow region: Gagarin Test&Research CTC 2011. – p. 280.
- [9] Solovyov V.A. Space flight control: Training manual in 2 books. / Solovyov V.A., Lysenko L.N., Lyubinskiy V.E.; under general editorship of Lysenko L.N. Bauman MSTU Publ., 2009. – p. 902 – ISBN 978-5-7038-3350-6.
- [10] Greshilov A.A. Mathematical methods of decision-making: Textbook for high schools. – Moscow: Bauman MSTU Publ., 2006. – p. 584 – ISBN 5-7038-2893-7.
- [11] Nogin V.D. Decision-Making in a Mutli-Criteria Environment: a Quantitative Approach. – Moscow: FIZMATLIT Publ., 2002. – p. 144– ISBN 5-9221-0274-5.
- [12] Chernoskutov A.I. Evaluation of a pilot's performance by using probability transmission matrixes / Chernoskutov A.I., Zhirov A.Yu. – Them. Scient. Coll. No 2, Monino, Yu.A.Gagarin Air Force Academy, 2003.
- [13] Defining the main control parameters of the ISS crew training on integrated and dedicated simulators / Kuritsyn A.A., Onurienko Yu.I., Kovinskiy A.A., Kopnin V.A. // Manned Space Flights. – 2016. –No 3(20). – Gagarin Test&Research CTC. – ISSN 2226-7298.
- [14] Kuritsyn A.A., Kondrat A.I., Rybkin D.E., Kopnin V.A., Korzun E.I., Misurkin A.A. Main results of the ISS-53/54 Expedition training and activity when carrying out the mission plan. // Manned Space Flights. – 2018. – No 3(28). – pp. 5–16. – ISSN 2226-7298.
- [15] Using the results of the ISS-43/44/45/46 one-year expedition crew in the interests of future deep-space missions. / Kuritsyn A.A., Onurienko Yu.I., Kovinskiy A.A., Kopnin V.A., Kornienko M.B. // Polyot. – No 8–9. – 2016, Moscow. – ISSN:1684-1301.

ПРАКТИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ И РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Б.В. Бурдин, А.А. Курицын, В.Н. Дмитриев, Ю.Б. Сосюрка,
В.А. Довженко, Ю.С. Чеботарев

Канд. техн. наук, ст.н.с. Б.В. Бурдин; докт. техн. наук, доцент А.А. Курицын;
канд. воен. наук, ст.н.с. В.Н. Дмитриев; канд. техн. наук, доцент Ю.Б. Сосюрка;
канд. техн. наук, доцент В.А. Довженко; Ю.С. Чеботарев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассматриваются вопросы применения космических робототехнических систем (РТС), показана роль и место РТС антропоморфного типа как высокотехнологичных сервисных систем, используемых для поддержки деятельности космонавтов при реализации перспективных космических программ. Рассмотрены принципы создания универсального компьютерного стенда антропоморфной РТС для проведения психофизиологических и эргономических исследований, отработки навыков управления космонавтами различными РТС на основе использования технологий виртуальной реальности и средств контроля двигательной и поведенческой активности оператора.

Ключевые слова: космические робототехнические системы, робот-манипулятор, антропоморфный робот, задающее устройство копирующего типа, режим телеуправления, универсальный компьютерный стенд, виртуальные 3D-модели, человеко-машинный интерфейс.

Practice in the Application of the Experimental Improvement and Development of Space Robotic Systems. B.V. Burdin, A.A. Kuritsyn, V.N. Dmitriev, Yu.B. Sosyurka, V.A. Dovzhenko, Yu.S. Chebotaryov

The paper discusses issues of applying space robotic systems (RSs), shows the role and place of humanoid RSs as high-tech service systems used to support activity of cosmonauts when implementing future space programs. It also considers the principles for the creation of a versatile computer-assisted humanoid RS to conduct psycho-physiological and ergonomic studies, to mature the skills of controlling various RSs using virtual reality technologies and means to monitor and control the motion and behavioral activity of an operator.

Keywords: space robotic systems, manipulation robot, humanoid robot, master-slave controller, remote control mode, versatile computer-based stand, virtual 3D-models, human-machine interface.

Обзор роботов-манипуляторов, нашедших практическое применение в пилотируемой космонавтике

Перспективные проекты в области пилотируемой космонавтики предполагают расширение сферы применения космических робототехнических систем, что обусловлено усложнением деятельности экипажей пилотируемых космических комплексов (ПКК), увеличением объемов трудоемких монтажно-восстановительных работ, рутинных операций и возрастанием рисков возникновения опасных ситуаций для жизни и здоровья членов экипажа ПКК. В этой связи особый интерес представляет использование РТС в качестве высокотехнологичного инструментария космонавта при осуществлении внутрикорабельной и внекорабельной деятельности, а также в перспективе – при выполнении напланетной деятельности в лунных миссиях и миссиях по освоению Марса.

Известен ряд практически реализованных подходов ведущих зарубежных и отечественных фирм к построению и применению РТС в пилотируемой космонавтике.

Примером успешного создания и использования роботов-манипуляторов является советский манипулятор «Ляпша». Манипуляторы указанного типа были установлены на 4 модулях орбитальной станции «Мир» и использовались при сборке станции [7].

Вторым ярким примером практического применения является канадский манипулятор «Canadarm» (рис. 1), установленный на космическом корабле «Space Shuttle» и используемый с ноября 1981 года по июль 2011 года. Основным предназначением манипулятора «Canadarm» было перемещение полезного груза из грузового отсека в некоторую точку рабочей зоны с требуемой ориентацией. Манипулятор использовался для захвата телескопа Хаббл, перемещения и выгрузки более 200 тонн компонентов Международной космической станции (МКС) и перемещения астронавтов.



Рис. 1. Канадский манипулятор «Canadarm»

Эволюционным развитием манипулятора «Canadarm» явился манипулятор «Canadarm-2» (SSRMS – Space Station Remote Manipulator System) (рис. 2), предназначенный для выполнения операций на орбите с объектами больших масс и габаритов [1–8].

Из других космических манипуляторов следует отметить японскую манипуляционную систему Japanese Experiment Module Remote Manipulator System – JEMRMS (рис. 3) [1–6] и европейский манипулятор – ERA [10, 11].

Все перечисленные космические манипуляционные системы представляли собой высокотехнологичные дорогостоящие инновационные проекты, потребовавшие создания исследовательских, технологических стендов для экспериментальной отработки образцов и разработки тренажерных средств для подготовки космонавтов и астронавтов.



Рис. 2. Мобильная система обслуживания (MSS)



Рис. 3. Японский экспериментальный модуль МКС, оснащенный манипуляционной системой Japanese Experiment Module Remote Manipulator System (JEMRMS)

В настоящее время при разработке перспективных космических программ, связанных с использованием российского сегмента МКС, наряду с созданием транспортно-манипуляционного робота для выполнения сборочных, монтажных и других технологических операций на внешней поверхности модулей российского сегмента МКС, необходимо создание и использование антропоморфных робототехнических систем (АРТС).

Как и в перечисленных выше манипуляторах, кинематика АРТС также состоит из плечевой, локтевой и кистевой, или запястной части. Отличие заключается в количестве манипуляторов. Так, у АРТС торсового типа их два. Каждый манипулятор крепится к торсовой части и включает шарниры рысканья плеча и тангажа плеча. Плечо и предплечье манипулятора связаны в локтевом сочленении при помощи шарнира тангажа локтя. В кистевой части расположены шарниры тангажа кисти, рысканья кисти и крена кисти. Кистевой захват АРТС позволяет пользоваться штатным бортовым инструментом, разработанным для выполнения работ экипажем МКС.

Первоначально применение АРТС планируется для выполнения операций обслуживания на внешней поверхности космической станции в копирующем режиме и выполнения работ внутри космической станции. При этом наибольший интерес представляет возможность дистанционного управления мобильным роботом, что предполагает задание человеком-оператором сложных двигательных актов на исполнение манипуляционному антропоморфному роботу в ручном (копирующем) режиме.

Следует отметить, что для дистанционного управления роботами с возможностями автономного функционирования имеются различные способы построения человеко-машинного интерфейса. Так, в качестве альтернативы методам контактного съема информации, когда взаимодействие ЧО с органами управления осуществляется на физическом уровне, могут использоваться способы бесконтактного формирования управляющих сигналов с помощью технологий распознавания и идентификации движений ЧО «на расстоянии», систем захвата движения и окулографов [12–14, 17].

Участие ЦПК имени Ю.А. Гагарина в научно-техническом сопровождении создания, экспериментальной отработки и развития АРТС космического назначения

В настоящее время вопросы оценки эффективности использования АРТС, возможности выполнения полетных операций с применением антропоморфных роботов, оптимизации взаимодействия человека и робота являются в большинстве случаев открытыми и требуют проведения специальных исследований. На первый план выходит проблема согласования элементов эргатической системы (ЭС) «человек–АРТС–среда», так как применительно к таким системам недостаточно изучены ограничения человеческого

фактора и способы их преодоления, особенно в тех случаях, когда это взаимодействие осуществляется дистанционно, то есть в режиме телеуправления. Данная проблема актуальна также в связи с трудностями оперативного обмена необходимой информацией по каналам связи из-за больших задержек прохождения сигналов (например, между Землей и Луной или между Землей и Марсом).

Начиная с 2010 года, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее – Центр) принимает активное участие в научно-техническом сопровождении создания и отработки РТС космического назначения. Ряд работ, связанных с эргономическими исследованиями и испытаниями различных робототехнических систем космического назначения, проводятся по заказу и совместно с ЦНИИмаш.

С июля 2011 года по настоящее время проводятся испытания антропоморфных робототехнических систем, разработанных АО НПО «Андроидная техника» (рис. 4) [15]. В 2014 году проводилась экспертиза АРТС – помощника экипажа, разработанного ООО «Нейроботикс» (рис. 5), и робототехнического комплекса для внекорабельной деятельности разработки ГНЦ РФ ЦНИИ РТК (СПб.).

При проведении испытаний АРТС АО НПО «Андроидная техника» робот повторял (копировал) движения человека-оператора (выполнял «бортовые полетные операции»), одетого в специальный костюм-экзоскелет, надеваемый на плечевой пояс и представляющий собой задающее устройство [15]. Копирование движений человека-оператора осуществлялось в реальном масштабе времени. При этом была реализована силомоментная обратная связь с роботом [12–17].



Рис. 4. Испытание АРТС в копирующем режиме управления по замене блоков научной аппаратуры

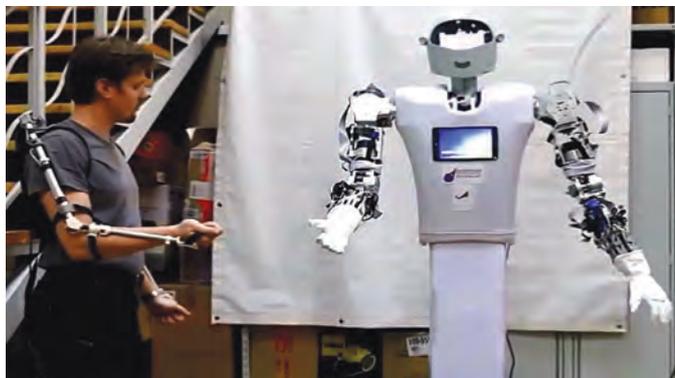


Рис. 5. Экспертиза разработанного ООО «Нейроботикс» АРТС в режимах сбора данных о психофизиологии космонавта-оператора и детекции эмоционального состояния



Рис. 6. Рабочее место космонавта при осуществлении функций управления РТС с борта МКС – космический эксперимент «Контур-2»

Космонавт-оператор, находясь на борту МКС, принимал непосредственное участие в отработке технологии телеуправления роботами по комбинированным каналам связи с ограниченной пропускной способностью и случайными задержками в рамках космического эксперимента «Контур-2» (рис. 6). Задачами данного эксперимента являлись:

– разработка системы телеуправления роботами с помощью задающего манипулятора с обратной связью по силе/моменту в условиях коммуникационных каналов связи с ограниченной пропускной способностью;

- разработка автоматизированного рабочего места, обеспечивающего телеуправление роботами на Земле с борта МКС;
- исследование возможностей человеко-машинного интерфейса при удаленном управлении с силовой обратной связью, используемого в условиях микрогравитации.

Принимая во внимание высокую стоимость создания и риски использования роботов космического назначения, практическую значимость имеют вопросы разработки и применения компьютерных стендов РТС, пригодных для экспериментальной отработки эргономических характеристик системы «космонавт–РТС–среда» различного целевого назначения. Стенды используются и для подготовки космонавтов к деятельности по управлению РТС при реализации вероятных сценариев пилотируемых полетов, что позволит снизить потенциальные риски и опасности при работе с новыми системами и оборудованием.

Состав, предназначение, перспективы использования УКС РТС

Для экспериментальной отработки реальных АРТС, на ранних этапах проектирования эргатической системы «космонавт–АРТС–среда» наиболее приемлемым решением для ЦПК явилось создание исследовательского компьютерного стенда АРТС.

При этом основными требованиями к стенду стали открытость архитектуры и универсальность. Это позволяет моделировать системы «оператор–РТС–рабочее окружение» и средства интерфейса различного типа на базе единого комплекса программно-аппаратных средств и визуализации (виртуальных интерактивных 3D-моделей роботов и их внешнего окружения).

Поскольку стенд относится к высокотехнологичным инновационным проектам, его обоснование и разработка потребовали участия и координации усилий ряда ведущих организаций России в области робототехники, имеющих опыт отработки технологий и эргономического обеспечения создания прототипов роботов и задающих устройств: ФГУП ЦНИИмаш, ПАО РКК «Энергия», ПАО «НПО Андроидная техника», ООО «Нейроботикс», НИИСИ РАН, ЦНИИ РТК (СПб.), МГУ имени М.В. Ломоносова, МГТУ имени Н.Э. Баумана.

УКС РТС представляет собой комплекс (рис. 7), включающий следующие основные элементы: четыре компьютерных рабочих места, два сервера, экран коллективного пользования с проектором, задающее устройство копирующего типа (ЗУКТ) для управления физическим роботом или его 3D-моделью в виртуальной среде, а также очки виртуальной реальности.

Для управления РТС в составе УКС РТС предусмотрено специальное программно-математическое обеспечение, позволяющее исследовать и предварительно планировать безопасные траектории перемещения звеньев роботов и моделировать выполнение полетных технологических операций в виртуальной среде, а затем исполнять их с помощью робота.



Рис. 7. Универсальный компьютерный стенд робототехнических систем

Это существенно снижает опасность ошибок, вызванных «человеческим фактором», и повышает результативность деятельности экипажа.

УКС РТС включает физические (натурные) модели, а также программно-аппаратные средства, имитирующие работу РТС различного целевого назначения и конструктивного исполнения в системе «экипаж–ПКА–среда» с элементами виртуальной реальности.

УКС РТС предназначен для:

- экспериментальной отработки полетных операций, выполняемых РТС с участием космонавтов, в интересах формирования обоснованных требований к программам и методикам подготовки космонавтов к работе с РТС и оценки качества операторской деятельности;
- ознакомления космонавтов с новейшими решениями в области космической робототехники не только на уровне теоретических знаний, но и на уровне формирования наглядно-образных представлений и первичных навыков организации взаимодействия и работы с космическими роботами, а также управления РТС в различных условиях эксплуатации (формирования общей операторской культуры);
- изучения принципов и способов контроля «поведенческой» активности роботов для обеспечения безопасности полета;
- оценки пределов функциональных возможностей космонавтов по выполнению операций при работе с РТС различного технического исполнения и целевого назначения;
- изучения возможных способов построения и использования многомодальных интерфейсов с «очувствленными» роботами, систем управления РТС;
- проведения с участием космонавтов и специалистов Центра эргономической экспертизы новых технических решений при создании РТС различного целевого назначения в интересах повышения эффективности и безопасности деятельности экипажей ПКА;

– формирования базы исходных данных для проведения натуральных космических экспериментов в части взаимодействия космонавтов с образцами РТС, планируемыми к доставке на борт космической станции, на основе предварительных исследований на стенде и др.

Стенд позволяет формировать и накапливать «базы данных» при выполнении технологических операций, детализировать их по элементам, а затем исполнять под контролем оператора или автономно. Этим может быть достигнута возможность впоследствии управлять роботами не только с борта космического аппарата, но и дистанционно, например, с Земли. Такие роботы станут незаменимыми помощниками человека для исследования Луны и Марса и построения лунных (марсианских) баз.

Автоматизированные рабочие места (АРМ) предназначены для оператора РТС и для бригады обеспечения экспериментов. Для удобства взаимодействия участников проводимых экспериментов АРМ располагаются на одной линии, в непосредственной близости друг от друга.

Интерфейс рабочего места оператора обеспечивает:

- отображение трехмерной сцены, включающей РТС, рабочую зону и объекты взаимодействия и окружающего интерьера;
- масштабируемость на экраны различного разрешения.

Интерфейс рабочего места специалистов оперативного управления исследованием обеспечивает:

- отображение на монитор и экран коллективного пользования трехмерной сцены, идентичной изображению на шлеме оператора;
- отображение текущих значений векторов состояний математических моделей в виде числовых данных и в виде графиков.

Интерфейс связи с задающим устройством копирующего типа обеспечивает:

- передачу командной информации;
- обмен данными с задающим устройством;
- перевод величин выходных данных математической модели органов управления в значения для выдачи на задающее устройство.

В основе построения УКС РТС использованы следующие принципы:

1. Открытость и масштабируемость. Модульная архитектура программного обеспечения позволяет вести поэтапную разработку и внедрения, а также позволяет осуществлять дальнейшее расширение как интегрируемых данных, так и объектов информационного обмена и моделей РТС.

2. Интеграция и консолидация данных. Интеграция разрозненных данных от различных систем РТС и органов его управления в упорядоченную единую структуру базы данных, которая представляет собой предметно-ориентированный, интегрированный, поддерживающий хронологию набор данных, постоянно пополняющийся новой достоверной информацией. Этот набор данных является единым источником непротиворечивых и согласованных данных для всех систем УКС РТС.

3. Преемственность. При необходимости возможно пополнение и расширение состава функций, технических, информационных и программных компонентов без нарушения ее функционирования.

Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований с использованием УКС РТС позволил разработать предложения по совершенствованию конструкции и технико-эксплуатационных показателей программно-аппаратного интерфейса и виртуальной интерактивной 3D-модели АРТС.

На последующих этапах работы по совершенствованию УКС РТС необходимо проведение исследований по совершенствованию конструктивных и технико-эксплуатационных показателей программно-аппаратного интерфейса, виртуальной интерактивной 3D-модели АРТС и физического прототипа АРТС. Также важны исследования с целью определения возможностей по выполнению 3D-моделью АРТС и физическим прототипом АРТС расширенного перечня бортовых полетных операций внекорабельной и внутрикорабельной деятельности космонавтов. УКС РТС позволяет отрабатывать взаимодействие космонавтов с различными РТС космического назначения и проведение эргономических исследований как в виртуальной среде, так и с физическими прототипами РТС КН. Использование УКС РТС возможно на всех этапах наземной подготовки космонавтов

В настоящее время формируется исследовательская программа, которая нацелена на удовлетворение запросов разработчиков космических роботов в отношении психофизиологических возможностей космонавта при напланетной деятельности и наличии ограничений человеческого фактора.

Выводы

Как свидетельствует опыт реализации космических полетов, одним из перспективных направлений инновационного развития в области космонавтики следует считать разработку технологий создания и применения роботизированных средств (американской – «Canadarm», «Canadarm-2», японской – JEMRMS, европейской – ERA) для осуществления транспортно-манипуляционных работ. Транспортно-манипуляционные роботы нашли практическое применение при выполнении сборочных и монтажных работ на МКС, выполнении технологических операций по восстановлению работоспособности телескопа «Хаббл», инспекции состояния керамических плиток Шаттла и ряд других работ.

Наряду с применением транспортно-манипуляционных роботов существуют проекты по созданию и использованию робототехнических систем антропоморфного типа космического назначения применительно к перспективным лунным миссиям. Однако при этом для обеспечения эффективного и безопасного взаимодействия космонавтов с АРТС требуется решение ряда задач «опережающего» эргономического проектирования космической робототехники.

Учитывая высокую стоимость создания и риски использования роботов космического назначения, практическую значимость для экспериментальной отработки реальных АРТС на ранних этапах проектирования эргатической системы «космонавт–АРТС–среда» имеют вопросы разработки и применения компьютерных стендов РТС различного целевого назначения. Стенд на основе использования технологий виртуальной реальности и средств контроля двигательной и поведенческой активности оператора позволяет проводить подготовку космонавтов к деятельности по управлению РТС при реализации вероятных сценариев пилотируемых полетов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] NASA // NASA: official website. Available at: <http://www.nasa.gov/>, accessed 12.11.2016.
- [2] CSA // CSA: official website. Available at: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/default.asp>, accessed 12.11.2016.
- [3] E. Kaupp, E. Bains, R. Flores, G. Jorgensen, Y.M. Kuo, H. White Shuttle Robotic Arm // Engineering Innovations. pp. 286–301. Available at: http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584734main_Wings-ch4h-pgs286-301.pdf, accessed 12.11.2016.
- [4] B. Stockman, J. Boyle, J. Bacon International Space Station Systems Engineering Case Study Available at: <http://space.se.spacegrant.org/uploads/images/ISS/ISS%20SE%20Case%20Study.pdf>, accessed 12.11.2016.
- [5] The role of dexterous robotics in ongoing maintenance of the ISS / Lyndsey Poynter, P. Andrew Keenan // IAC-12,B3,4-B6.5,6,x16014
- [6] Flexible robot manipulators: modelling, simulation and control. – (IET control series) – ISBN 978-0-86341-448-0
- [7] Крючков Б.И., Усов В.М., Ярополов В.И., Сосюрка Ю.Б., Троицкий С.С., Долгов П.П. Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий // Пилотируемые полеты в космос. – № 2 (19). – 2016. – С. 35–58.
- [8] Крючков Б.И., Крикалев С.К., Салаев А.М., Усов В.М. Человек и робот на пилотируемом космическом аппарате // Сборник научных статей по материалам докладов на Первом российско-германском семинаре по космической робототехнике, Германия, Штутгарт, 2012, электронные труды.
- [9] Карпов А.А., Крючков Б.И., Рогаткин Д.А., Усов В.М. Концептуальные подходы к применению сервисных роботов: общность проблем внедрения (на примерах пилотируемой космонавтики и высокотехнологической медицины) // Биотехносфера. – № 6. – 2013. – С. 48–59.
- [10] Алпатов А.П., Белоножко П.А., Белоножко П.П., Кузьмина Л.К., Тарасов С.В., Фоков А.А. Перспективы использования и особенности исследования динамики космических манипуляторов с упругими конструктивными // Техническая механика. – № 1. – 2012. – С. 82–93.
- [11] Яскевич А.В., Остроухов Л.Н., Егоров С.Н., Чернышев И.Е. Опыт полунатурной отработки причаливания российского модуля к Международной космической станции дистанционно управляемым манипулятором SSRMS // Робототехника и техническая кибернетика. – № 1. – 2013. – С. 53–58.
- [12] Алпатов А.П., Белоножко П.А., Белоножко П.П., Григорьев С.В., Тарасов С.В., Фоков А.А. Моделирование динамики космических манипуляторов на подвижном основании // Робототехника и техническая кибернетика. – № 1. – 2013. – С. 59–65.

- [13] Лончаков Ю.В., Сиволап В.А., Сохин И.Г., Сорокин И.Г., Бурдин Б.В.. Эргономические исследования взаимодействия космонавтов с антропоморфными роботами–помощниками. // Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники / Материалы 51-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – Калуга, 2016. – 496 с.
- [14] Бурдин Б.В., Довженко В.А. Разработка стендов с элементами виртуальной реальности для проведения эргономических исследований системы «Оператор–РТС–Профессиональная среда деятельности» // Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники / Материалы 51-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – Калуга, 2016 – 496 с.
- [15] <http://express-news.ru/index.php/news/science/item/2943-predstavlen-rossijskij-robot-kosmonavt-sar-401>.
- [16] Бурдин Б.В., Михайлюк М.В., Сохин И.Г., Торгашев М.А. Использование виртуальных 3D-моделей для экспериментальной отработки бортовых полетных операций, выполняемых с помощью антропоморфных роботов. // Робототехника и техническая кибернетика. – № 1. – 2013. – С. 42–46.
- [17] Сохин И.Г., Довженко В.А., Бурдин Б.В., Гребенщиков А.В., Соловьева И.Б. и др. Экспериментальные эргономические исследования процессов дистанционного управления антропоморфной робототехнической системой космонавтами при проведении операций обслуживания КА и объектов лунной инфраструктуры // Материалы XI МНПК «Пилотируемые полеты в космос» 10–12 ноября 2015 г. – Звездный городок, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2015. – С. 31–33.

REFERENCES

- [1] NASA: official website. Available at: <http://www.nasa.gov/>, accessed 12.11.2016.
- [2] CSA: official website. Available at: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/default.asp>, Accessed 12.11.2016.
- [3] Kaupp E., Bains E., Flores R., Jorgensen G., Kuo Y.M., White H. Shuttle Robotic Arm. Engineering Innovations. pp. 286–301. Available at: http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/584734main_Wings-ch4h-pgs286-301.pdf, accessed 12.11.2016.
- [4] Stockman B., Boyle J., Bacon J. International Space Station Systems Engineering Case Study. Available at <http://spacese.spacegrant.org/uploads/images/ISS/ISS%20SE%20Case%20Study.pdf>, accessed 12.11.2016.
- [5] Lyndsey Poynter, P. The Role of Dexterous Robotics in Ongoing Maintenance of the ISS. Andrew Keenan. IAC-12,B3,4-B6.5,6,x16014
- [6] Flexible Robot Manipulators: Modelling, Simulation and Control. (IET control series). ISBN 978-0-86341-448-0
- [7] B.I. Kryuchkov, V.M. Usov, V.I. Yaropolov, Yu.B. Sosyurka, S.S. Troitsky, P.P. Dolgov. On the Features of Professional Activity of Cosmonauts When Implementing Lunar Missions // Manned Space Flights. 2016. No 2 (19). pp. 35–58.
- [8] Kryuchkov B.I., Krikalev S.K., Salaev A.M., Usov V.M. [Human and a Robot in a Manned Spacecraft]. Sbornik nauchnykh statei po materialam dokladov na Pervom rossiisko-germanskome seminare po kosmicheskoi robototekhnike [Proceedings of the 1st Russian-German Workshop on Space Robotics]. Stuttgart, 2012.
- [9] Karpov A.A., Kryuchkov B.I., Rogatkin D.A., Usov V.M. [Conceptual Approaches for Using Service Robots: Common Problems of Implementation (On the Example of Manned Space Exploration and High-Tech)]. Biotekhnosfera – Biotechnosphere. 2013. No 6. pp. 48–59. (In Russ.).

- [10] Alpatov A.P., Belonozhko P.A., Belonozhko P.P., Kuz'mina L.K., Tarasov S.V., Fokov A.A. Perspektivy ispol'zovaniia i osobennosti issledovaniia dinamiki kosmicheskikh manipulatorov s uprugimi konstruktivnymi elementami. [The Prospect and Peculiarities of Using Space Manipulators with Elastic Constructive Elements] / *Tekhnicheskaja mekhanika = Technical mechanics*. 2012. No 1. pp. 82–93.
- [11] Iaskevich A.V., Ostroukhov L.N., Egorov S.N., Chernyshev I.E. Opyt polunaturnoi otrabotki prichalivaniia rossiiskogo modulia k Mezhdunarodnoi kosmicheskoi stantsii distantsionno upravliaemym manipulatorom SSRMS. [Simulation of the ISS – Russian Module Docking Operations Using the Space Station Remote Manipulator System (SSRMS)] / *Robotics and Technical Cybernetics*. 2013. No 1. pp. 53–58.
- [12] Alpatov A.P., Belonozhko P.A., Belonozhko P.P., Grigor'ev S.V., Tarasov S.V., Fokov A.A. Modelirovanie dinamiki kosmicheskikh manipulatorov na podvizhnom osnovanii. [Modeling the Dynamics of Space Manipulators on a Movable Platform] / *Robotics and Technical Cybernetics*. 2013. No 1. pp. 59–65.
- [13] Lonchakov Yu.V., Sivolap V.A., Sokhin I.G., Sorokin V.G., Burdin B.V. Ergonomic Studies of the Interaction Between Cosmonauts and Anthropomorphic Robotic Assistants // *The ideas of K.E. Tsiolkovsky the innovation of science and technology / Materials 51-s Scientific Readings in Memory of K.E. Tsiolkovsky – Kaluga*. 2016. – p. 496.
- [14] Burdin B.V., Dovzhenko V.A., The Development of Stands with VR-elements for Ergonomic Research of the «OPERATOR – RS - PROFESSIONAL ENVIRONMENT» System // *The ideas of K.E. Tsiolkovsky. the innovation of science and technology / Proceeding of the 51-st Scientific Readings in Memory of K.E. Tsiolkovsky – Kaluga*. 2016. – p. 496.
- [15] Available at: <http://express-news.ru/index.php/news/science/item/2943-predstavlen-rossijskij-robot-kosmonavt-sar-401>.
- [16] Burdin B.V., Mihayluk M.V., Sokhin I.G., Torgashev M.A. The Use of Virtual 3D models for Experimental Testing of the Flight Operations Performed by Means of Anthropomorphic Robots // *Robotics and technical cybernetics* No 1. 2013, ISSN 2310-5305 – pp. 42–46.
- [17] Sokhin I.G., Dovzhenko V.A., Burdin B.V., Grebenshikov A.V., Solovyova I.B. and others. Experimental Ergonomic Studies of an Anthropomorphic Robotic System Controlled by Cosmonauts while Maintaining Spacecraft and Lunar Infrastructure Facilities. // *Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights”, November 10–12, 2015. – Gagarin Test& Research CTC, Star City, Moscow Region, 2015. pp. 31–33.*

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКА, СПАСАНИЯ
И ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ КОСМОНАВТАМ
НА МЕСТЕ ВЫНУЖДЕННОЙ ПОСАДКИ
СПУСКАЕМОГО АППАРАТА
ТРАНСПОРТНОГО ПИЛОТИРУЕМОГО КОРАБЛЯ
В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
СЕВЕРНЫХ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН**

А.В. Поляков, В.М. Усов, Б.И. Крючков,
Ю.П. Чернышев, А.И. Мотиенко

Канд. мед. наук А.В. Поляков (ГНЦ РФ–ИМБП РАН)
Докт. мед. наук, профессор В.М. Усов; докт. техн. наук Б.И. Крючков
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Ю.П. Чернышев (ФГУП «Государственный научно-исследовательский
институт авиационных систем»)
Канд. техн. наук А.И. Мотиенко (Санкт-Петербургский институт
информатики и автоматизации РАН)

В статье рассматриваются новые подходы к использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и связанные с ними технологии аварийного оповещения в экстремальных условиях северных климатических зон для расширения возможностей поиска и спасания в случае вынужденной посадки спускаемого аппарата (СА). Выполнен анализ перспективных решений по защите человека от неблагоприятного воздействия окружающей среды и средств экстренной медицинской помощи, которые доставляют к месту посадки СА и позволяют снизить риски для выживания человека в неблагоприятных климатических условиях в период времени до начала эвакуации экипажа.

Ключевые слова: спускаемый аппарат транспортного пилотируемого корабля (СА ТПК); досрочная (вынужденная) посадка СА ТПК; неблагоприятные климатические условия для выживания человека; жизнеугрожающие состояния организма; средства для защиты организма от холода; оказание неотложной помощи; беспилотные летательные аппараты; автоматическое зависимое наблюдение радиовещательного типа (АЗН-В).

Innovative Solutions for Searching, Rescuing, and Rendering Assistance to Cosmonauts on the Forced Landing Place of the Descent Module Under Extreme Conditions of the Northern Climatic Zone. A.V. Polyakov, V.M. Usov, B.I. Kryuchkov, Yu.P. Chernyshev, A.I. Motienko

The paper considers new approaches to the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and associated technologies of emergency warning under extreme conditions of the northern climatic zones for expanding the search and rescue capa-

bilities in case of the forced landing of the descent module (DM). The paper also analyzes the innovative solutions on the human protection against adverse environmental effects and the means for emergency medical care that are delivered to the landing place of the descent module and allow mitigating risks for surviving under unfavorable climatic conditions prior the evacuation operations begin.

Keywords: descent module of the MTV (MTV DM), forced landing of the MTV DM, adverse climatic conditions for human survival, life-threatening body state, cold protection means, emergency medical care, unmanned aerial vehicles, Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B).

Как показывает опыт пилотируемых полетов на орбитальных станциях (ОС), космическая медицина обладает достаточным арсеналом средств, чтобы свести к минимуму риски снижения работоспособности космонавта в орбитальных полетах, обеспечить своевременную медицинскую помощь, в том числе, в случае досрочного завершения полета. На МКС при нештатных ситуациях (НШС), связанных с острыми нарушениями состояния здоровья космонавтов, предусмотрены схемы экстренного завершения полета и скорейшей транспортировки космонавтов в медицинские учреждения после приземления спускаемого аппарата транспортного пилотируемого корабля (СА ТПК).

Вынужденная посадка СА ТПК в географически удаленные районы, тем не менее, рассматривается как ситуация высокого риска развития неблагоприятных последствий для жизни и здоровья членов экипажа, когда речь идет о выживании в экстремальных условиях внешней среды. В северных климатогеографических зонах при аварийной посадке (наиболее вероятно для ТПК, запуск которых будет осуществляться с космодрома Восточный), в условиях действия холодового фактора и труднодоступности может существенно осложниться медицинское обеспечение (МедОб) экипажа в период от момента приземления СА ТПК до прибытия спасателей. Ситуация усугубляется при получении членами экипажа, помимо холодового воздействия, других видов повреждений. Еще более сложная ситуация, которую правомерно отнести к чрезвычайным ситуациям (ЧС), может сложиться, если в аварию попадут сами спасатели, доставляемые к месту вынужденной посадки авиационным или другими видами транспорта. В этой ситуации придется осуществлять поиск и спасание не только космических экипажей, но проводить комплекс мероприятий в целях поиска и спасания экипажей воздушных судов и личного состава спасателей с привлечением большого числа авиационных, морских, наземных сил и средств.

Организация такого комплекса работ в труднодоступной местности представляет собой сложную межведомственную задачу, поскольку вследствие физико-географических условий, отсутствия путей сообщения значительно затруднены поиск, обнаружение и оказание помощи экипажам, аварийных ТПК. Этот комплекс необходимо будет проводить с учетом особенностей северного региона.

В этой связи актуальны вопросы применения новых технологий, систем и способов при организации медицинского обеспечения в северных регионах, исходя из реально доступных ресурсов и вариантов тактической обстановки.

Целью исследования является систематизация доступных сведений из разных областей, в том числе и медико-технического обеспечения работ в условиях Севера в интересах поиска и спасания космических экипажей после аварийной посадки СА ТПК. Нельзя исключить, что при этом экипаж будет вынужден самостоятельно до прибытия спасателей выполнять неотложные работы по выживанию, при необходимости осуществлять экстренные мероприятия медицинской помощи. Группе поиска и спасания будет необходимо выбрать наиболее рациональные пути спасения жизни пострадавших и использовать всевозможные средства поддержки, включая роботизированные системы (РТС), беспилотные аппараты (БА) и аварийно-спасательные роботы (АСР).

Основное внимание сосредоточено на следующих вопросах затронутой комплексной проблемы.

1. Современные знания о регионе вероятных аварийных посадок СА ТПК, о методах поиска места аварии, обнаружения пострадавших в аварийной ситуации с использованием БА, обеспечения выживаемости пострадавших при ожидании прибытия основных сил спасателей, оказания неотложной медицинской помощи в условиях Севера с использованием авиационного санитарного транспорта для эвакуации.

2. Наиболее опасные поражающие факторы среды обитания в зоне аварийной посадки СА ТПК в северных регионах и способы оценки их потенциального повреждающего действия на организм человека для снижения риска гибели пострадавшего члена экипажа и построения рациональной схемы его эвакуации.

3. Существующие современные высокотехнологичные решения медицинских задач с учетом применения БА, а также возможности БПЛА для доставки ресурсов для оказания экстренной помощи пострадавшим членам экипажа на месте приземления СА ТПК.

Характеристика условий выполнения поисково-спасательных и медицинских мероприятий при аварийной посадке СА ТПК в северных регионах

Опыт пилотируемых полетов показал, что до настоящего времени аварии и катастрофы имели место на этапах выведения пилотируемого космического аппарата (ПКА) на рабочую орбиту и в процессе спуска на Землю СА ТПК.

Так, ПКА «Восход-2» с экипажем в составе космонавтов П.И. Беляева и А.А. Леонова совершил аварийную посадку в заснеженной тайге в предгорьях Урала. Экипаж был вынужден более суток находиться (выживать)

в условиях низких температур (до -20°) до прихода к месту посадки поисковой группы.

Из-за неисправности ракеты-носителя (РН) сработала система аварийного спасения (САС) ПКА «Союз-18-1» с экипажем в составе В.Г. Лазарева и О.Г. Макарова. СА совершил посадку в горном Алтае на площадку, расположенную на высоте 1200 м над уровнем моря. Экипаж оказался в сложных условиях, так как СА находился на заснеженном склоне горы. Условия в районе посадки на момент приземления были неблагоприятные: температура воздуха до -10°C , ветер со скоростью до 15 м/сек.

В трудной ситуации оказались космонавты В.А. Зудов и В.И. Рождественский. Во время полета на ПКА «Союз-23» возникла аварийная ситуация в процессе сближения с ОС, приведшая к необходимости досрочного прекращения полета. В результате перелета расчетного района посадки на 120 км СА ТПК совершил посадку на полузамёрзшее озеро Тенгиз. До эвакуации экипаж находился в СА ТПК более 11 часов при волнении воды до 3 баллов. Температура окружающего воздуха опускалась до -20°C .

В экстремальных климатических условиях произвели посадку СА ТПК «Союза-15» (экипаж – космонавты Г.В. Сарафанов и Л.С. Демин), «Союза-17» (экипаж – космонавты А.А. Губарев и Г.М. Гречко) и «Союза-24» (экипаж – космонавты В.В. Горбатко и Ю.Н. Глазков).

Также можно отметить и приземление СА ТПК «Союз-ТМА-1» (май 2003 г.). Спуск осуществлялся по баллистической схеме и СА приземлился в 500 км от расчетной точки.

Относительно недавно аварийный спуск СА ТПК произошел из-за нештатной работы 2-й ступени РН, что привело к досрочному прекращению полета и баллистическому спуску СА ТПК.

Эти данные свидетельствуют о необходимости учитывать возможность и неблагоприятные последствия аварийного приземления СА ТПК в северных районах, которые имеют выраженную специфику в отношении проблем выживания экипажа. Особенно это касается обеспечения поисково-спасательных работ при обеспечении планируемых пилотируемых запусков с нового российского космодрома Восточный. Для территорий вокруг этого космодрома характерно наличие сплошных, трудно проходимых как для человека, так и для наземной техники лесов и сложный холмистый рельеф местности.

Как известно, территория северных районов включает в себя окраины материков Евразии и Северной Америки, почти весь Северный Ледовитый океан с островами (кроме прибрежных островов Норвегии), а также прилегающие части Тихого и Атлантического океанов. Тайга, занимающая доминирующую часть территории России между 60° и 65° северной широты, характеризуется коротким жарким летом с температурой до $20-30^{\circ}\text{C}$, продолжительной холодной зимой (морозы до $-40-50^{\circ}\text{C}$).

Северные районы с точки зрения условий выживания характеризуются длительным периодом времени года с низкими температурами до $-50^{\circ}\dots -55^{\circ}\text{C}$ в сочетании с сильными ветрами (20–25 м/с) и снегопадами; наличием медленно перемещающихся ледяных полей с торосами высотой до 3–4 метров. Спецификой этих районов является также большая продолжительность полярной ночи (на широте 70° до 70 суток) и соответственно полярного дня летом. При вынужденном спуске СА ТПК с точки зрения травмоопасности особо будут выделяться высокоствольные таежные массивы и горы с их крутыми склонами, ущельями и ледниками [1–3].

Согласно источникам [4–7], при разработке тактических схем спасания и оказания экстренной медицинской помощи экипажу СА ТПК, совершившему вынужденную посадку в районах с высоким риском холодовой травмы, необходимо принимать во внимание развернутые структуры системы МЧС и основные направления применения авиационных подразделений, которые в северных районах обеспечивают наибольшую мобильность и оперативность в ЧС.

Зачастую бывает крайне сложно осуществить исследование северных территорий пилотируемой авиацией, и крайне опасно проводить изучение места происшествия человеческими ресурсами без применения специальных средств поиска и обнаружения потерпевших аварию. Суровый климат – сильные ветра и низкие температуры – накладывает ограничения на полеты пилотируемой авиации. Необходимость сохранения жизни спасателей в сложных условиях малоизученной обстановки требует поиска альтернативных способов и средств поиска и выявления пострадавших [8, 9].

С этих позиций и учетом ограничений человеческого фактора имеются основания говорить об усилении внимания к более широкому применению БПЛА в составе групп поиска и спасания космических экипажей (или в другой терминологии «беспилотников», хотя беспилотными отдельные авторы называют и наземные мобильные роботы). С точки зрения безопасности беспилотное воздушное судно также имеет неоспоримые преимущества, так как исключен риск падения воздушного судна с экипажем в сложных погодных метеоусловиях.

В литературном обзоре [10] указывается, что БПЛА уже сегодня широко применяют в решении проблем освоения и развития северного региона.

Таким образом, отвечая на поставленную в статье задачу улучшения условий поиска приземлившихся потерпевших в северных широтах космических экипажей и применения для этого инновационных технологий, можно констатировать все большее значение, которое уделяется в настоящее время использованию БПЛА. Совершенно определенно можно говорить о том, что авиационные комплексы с БПЛА в их составе являются одним из наиболее перспективных направлений развития транспортных средств поиска, поддержки и эвакуации членов космических экипажей.

Это положение основано на том, что согласно [11], БПЛА способны решать широкий круг задач:

- ведение в реальном масштабе времени всех возможных, в зависимости от имеющейся на борту целевой нагрузки, видов разведки с целью обеспечения поисковых групп требуемой информацией;
- корректирование действий сил и средств, всех имеющихся на данный конкретный момент времени, для проведения спасательной операции;
- выдача местоположения, выявление и оценка возможных мест приземления авиационных средств и путей подхода наземных поисковых групп для руководства ведением спасательной операции;
- ретрансляция информации по назначению с использованием БПЛА в качестве ретранслятора в информационно-связных системах различного назначения;
- мониторинг объектов в зоне поиска в интересах обеспечения безопасности проводимых работ;
- оперативный мониторинг высокорисковых технологических объектов и транспортной инфраструктуры, расположенных в зоне поиска, проведение инспекции объектов.

В цитируемой работе [11] выделены следующие отличительные особенности, обуславливающие преимущества применения БПЛА:

- возможность использования с аэродромов или наземных площадок без специальной подготовки инфраструктуры; многократность использования БПЛА;
- более низкая стоимость разработки, производства и эксплуатации в сравнении с пилотируемыми ЛА; исключение потерь личного состава;
- способность использовать в качестве целевой нагрузки радиоэлектронную и специальную аппаратуру для решения широкого круга задач;
- возможность использования с ограниченных по размеру площадок (для мини- и микроБПЛА и БПЛА вертолетного типа);
- дополнительно для БПЛА вертолетного типа – малое время подготовки к полету, высокая маневренность, возможность полета в режиме зависания, малый уровень помех от силовых установок.

Как иллюстрация этих положений, в [8] приводятся данные о том, что в подразделениях МЧС РФ уже успешно эксплуатируются беспилотники различной конструкции, сферы действия, размеров, грузоподъемности, полезной нагрузки и предназначения.

Также в [12, 13] систематизированы данные о наиболее распространенных типах российских БПЛА: летательный аппарат «Орлан-10» компании ООО «Специальный технологический центр», «Груша» компании ООО «Ижмаш – Беспилотные системы», микроБПЛА «INSPECTOR» и др.

Практически важно, что БПЛА, применяемые в МЧС, имеют спутниковую навигацию GPS/ГЛОНАСС. В полезную нагрузку в основном входят фото- и видеокамеры, тепловизоры, различные датчики и анализаторы.

Получаемые при помощи БПЛА снимки с высоким разрешением предоставляют детальное изображение поверхности земли. Встроенное геодезическое оборудование обеспечивает точную геопривязку каждого снимка. При этом погрешность определения координат минимальна. Следовательно, место приземления космического экипажа может быть определено достаточно точно.

Перспективные решения по применению групп БА в составе АСР, РТС и БА для неотложных мероприятий на месте аварии

Экстремальные условия проведения поисково-спасательных мероприятий и медицинского обеспечения потерпевших аварию требуют интенсификации поиска новых решений в области разработки и применения наиболее эффективных средств поиска и спасения и их комплексирования [14, 15].

Для терпящих бедствие на воде и поиска затонувших объектов ведутся работы по созданию телеуправляемого подводного аппарата «Подводный инспектор», который позволит обеспечить выполнение поставленных задач в максимально автономном режиме.

В поле зрения специалистов находятся и конструкции типа «антропоморфный манипуляционный робот», в определенной мере сходные с робототехническими комплексами, которые перспективны для применения в пилотируемой космонавтике. Так, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) совместно с Фондом перспективных исследований проводят работу по созданию антропоморфного робота, способного выполнять комплекс аварийно-спасательных работ с использованием стандартных монтажных инструментов, а также обладающего функциями вождения автотранспортных средств, поиска и извлечения пострадавших при разборке завалов в ходе аварийно-спасательных работ [16].

Сегодня наибольшие перспективы применения роботов и робототехнических комплексов в экстремальной обстановке специалисты в области экстремальной робототехники связывают с комплексированием возможностей в составе группы роботов, состоящей из множества элементов (в принятой терминологии – «рой дронов»). В состав роя дронов могут входить роботы, которые способны работать в разных средах: БПЛА (англ.: Unmanned Aerial Vehicle – UAVs), наземные роботы (англ.: Unmanned Ground Vehicle – UGVs), подводные дроны (англ.: Underwater Drones или Unmanned Underwater Vehicle – UUV). Такой подход способствует достижению «синергетического эффекта» посредством дополнения функционала одного типа БА возможностями другого типа, а также улучшения ситуационной осведомленности человека, принимающего решения при руководстве поисково-спасательными работами, за счет коммуникации роботов и обмена данными, полученными с помощью разных бортовых инструментальных систем от роя дронов. Это позволяет комплексировать различные типы БА при проведения поисково-спасательных мероприятий и объединять БА в группы.

Для спасательных операций особенно актуален вопрос о совместном применении БА воздушного и наземного базирования [17].

Наземные БА (UGVs) активно разрабатываются как в нашей стране, так и за рубежом [18]. В рамках контракта с ФГУП ЦЭНКИ (Госкорпорация «Роскосмос») разработанные концерном «Калашников» беспилотные воздушные суда ZALA Aero начали применяться для поиска отработанных ступеней ракет, запущенных с космодрома Восточный (в Амурской области и Республике Саха, Якутия). Из-за плотных лесистых массивов и холмистого рельефа местности визуальный поиск отработанных ступеней затруднен. Обычно для поиска отделяющихся частей ракеты-носителя используются пилотируемые вертолеты, что является затратным, сложным и длительным методом обнаружения отработанных ступеней ракет. Применение беспилотных комплексов ZALA 421-16E, ZALA 421-16E2, по мнению специалистов, увеличило эффективность и сократило время поисков в несколько раз.

За рубежом, согласно публикации [19], ведутся работы по применению разнотипных роботов-спасателей в составе единой группы. В этой работе приведена информация о роботизированном транспортном средстве наземного базирования, собирающим сенсорную информацию об опасных местах аварии, с которыми сталкиваются аварийно-спасательные службы, оказывая помощь жертвам стихийных бедствий (рис. 1).

Это устройство из числа беспилотных наземных транспортных средств компании Progenox, работающей при поддержке Европейского космического агентства (ЕКА) в рамках «Программы передачи технологий».



Рис. 1. Наземный БА – робот-вездеход (UGV) от фирмы Progenox (цит. [19])

Существуют российские планы создания группы роботов в составе БПЛА и беспилотных наземных транспортных средств для спасательных работ в Арктике [20]. В этом информационном сообщении (согласно данным отечественного разработчика – ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург) на основании задела в области роботов-ликвидаторов последствий аварий и техногенных катастроф разрабатывается система поиска и спасения пострадавших в Арктике. Проект предполагает создание системы управления дронами, позволяющей объединить для действия в одной группе разнородных роботов – БПЛА и наземные мобильные комплексы. Решение этой задачи позволит добиться синергетического эффекта: группа небольших беспилотников должна определять координаты терпящих бедствие, вести навигационную разведку маршрута и в режиме реального времени создавать электронную карту местности, а наземный отряд – роботизированные платформы амфибийного типа – предназначаются для эвакуационных работ.

Также имеются отечественные разработки, направленные на создание алгоритмов применения групп роботов для спасения на море [21–24].

Перспективные направления применения БА в интересах МедОб экипажа после аварийного спуска СА ТПК с учетом неблагоприятных климатических факторов северных районов

Детальные определения и современная трактовка поражений, возникающих при холодовой травме, выходят за рамки данной статьи, так как существуют соответствующие учебники и информационные сайты, посвященные данным вопросам, например [25].

Общепризнанно, что фактор времени при оказании экстренной медицинской помощи пострадавшим на месте происшествия может оказаться определяющим. Именно от своевременности, а также адекватности зависит эффективность оказанной медицинской помощи, сроки и исходы лечения, а также величина безвозвратных потерь при несчастных случаях, катастрофах и боевых действиях. Целый ряд жизнеугрожающих состояний сопровождается жестким лимитом времени на приведение в готовность всех имеющихся средств оказания медицинской помощи и скорейшей доставки недостающих на место происшествия.

С точки зрения организации оказания медицинской помощи в северных районах имеются особенности, обусловленные целым рядом факторов, основными из которых являются холод, связь зимнего сезона с полярной ночью, протяженные безлюдные пространства и малонаселенные районы, часто недоступные для службы скорой медицинской помощи из-за отсутствия дорог. Негативно сказываются низкие температуры и полярная ночь, которые являются причиной такого биологического феномена, как полярное напряжение, которое снижает приспособительные резервы организма

человека (резервы адаптации). Такие климатогеографические особенности объясняют необходимость включения в специальную и медицинскую подготовку спасателей и членов космических экипажей занятий по организации и оказанию медицинской помощи, изучению правил, приемов и средств защиты от неблагоприятных климатических и других факторов северных районов, в первую очередь от воздействия холода.

В рассматриваемой ситуации заранее, до этапа эвакуации авиатранспортом, необходимо создать условия выживания и сохранения жизни членам космических экипажей. Для этого надо максимально быстро обнаружить приземлившийся экипаж в сложной обстановке, доставить недостающие средства, повышающие шансы на выживание, создать необходимый запас средств и медикаментов для проведения показанных экстренных медицинских мероприятий. В этом смысле будет велика роль транспортных беспилотников, с помощью которых можно решить вопросы доставки на место аварии необходимые для выживания средства, медицинские укладки и соответствующую медицинскую диагностическую аппаратуру.

В работе [10] выполнена систематизация медицинских и технических инноваций, позволяющих сократить время проведения экстренных мероприятий по возможности в доступном варианте.

Прежде всего, повысить шанс пострадавших на выживание может дать применение обезболивающих и противошоковых препаратов при травмах, кровотечениях и шоке, без которых невозможна безопасная иммобилизация и транспортировка пострадавших в условиях борьбы с гипотермией (переохлаждением).

В цитируемой работе в числе перспективных средств, повышающих эффективность экстренных медицинских мероприятий, называют следующие высокотехнологичные (но получившие коммерческое распространение) изделия медицинского назначения преимущественно зарубежного производства: автоматический наружный дефибриллятор при остановке сердечной деятельности; атравматичный жгут, гемостатические средства, повязка-бандаж для остановки артериального кровотечения; шприц-автомат для внутрикостного введения противошоковых и обезболивающих препаратов и др.

Кроме апробированных на практике инновационных средств и технологий, следует иметь в виду и появление в ближайшее время инновационных средств, которые в настоящее время российские военные медики испытывают в Арктике: специальное термосберегающее белье для раненых, незамерзающие капельницы и специальные контейнеры для перевозки медикаментов [26].

Как составная часть такого подхода рассматривается перспектива использования БПЛА для сокращения времени спасательной операции. На обеспечение своевременной помощи в отдаленных и труднодоступных районах ориентирована концепция, суть которой – использование БПЛА для

срочной доставки на место приземления в дополнение к носимому аварийному запасу (НАЗ) комплекта средств обеспечения выживания экипажа, а также набора необходимых препаратов и инструментов экстренной медицинской помощи (аптечки, медицинской укладки), что, в первую очередь, рассчитано на улучшение условий выживания пострадавших, а во вторую – на создание резерва для врачебной бригады, которая по прибытии продолжит оказание медицинской помощи, обеспечит подготовку пострадавшего к эвакуации и окажет медицинскую поддержку в процессе эвакуации.

С помощью БПЛА могут доставляться медикаменты, компактный дефибриллятор, запас кислорода, кислородные маски и другие средства для экстренно проводимых мероприятий сердечно-легочной реанимации, что становится доступной практикой для помощи при несчастных случаях (например, транспортных происшествий) в городских условиях [10]. Оказание помощи с использованием дефибриллятора, доставленного с помощью БПЛА в городских условиях, показано на рис. 2.



Рис. 2. Доставка и применение автоматического одноразового дефибриллятора (цит. [10])

Другими словами, ввиду жестких лимитов времени на проведение реанимации при низких температурах окружающей среды, необходимо создать условия для быстрого развертывания сил и средств медицинской службы, подготовки к вводу в действие аппаратуры и медицинского оборудования, необходимых для проведения неотложных мероприятий, в частности, сердечно-легочной реанимации (СЛР).

Развитие у пострадавшего явлений гипотермии значительно усложнит проведение мероприятий СЛР, поскольку охлаждение пострадавшего сопровождается ригидностью грудной клетки и ухудшением сжимаемости сердца, к тому же пострадавшим с гипотермией, как правило, требуется проведение более длительной реанимации. Тем не менее, СЛР повышает выживаемость при остановке сердца, в том числе и в результате гипотермии. Как перспективные сегодня рассматриваются роботизированные комплексы для СЛР [27]. Кроме того, для повышения выживаемости приземлившегося экипажа актуальна доставка ему спасательного снаряжения, теплой одежды в холод-

ный период года, запасов воды или средств ее очистки, продуктов питания, дополнительных комплектов НАЗ, средств связи и средств оповещения об аварии [10].

Одно из значимых направлений – разработка защитного снаряжения для спасателей и для обеспечения выживания космонавтов в сложных условиях северных районов. Такое снаряжение должно при необходимости оперативно доставляться терпящим бедствие и находящимся в зоне высокого риска, в том числе и получившим холодовую травму экипажам после аварийного приземления СА ТПК.

Среди успешно реализованных проектов в интересах МЧС – создание материала для экипировки личного состава при выполнении спасательных работ при пониженных температурах (до -60 °С), что должно обеспечить работу спасателей в климатических условиях Севера [14].

Созданная современная «Боевая одежда пожарного» («БОП-Арктика») предназначена для эксплуатации в районах с холодным климатом (до -60 °С). При этом она обеспечивает максимальную защиту от ветра. Материал верха выполнен из современных образцов ткани с полимерным покрытием, обеспечивающим эффект несмачиваемости в течение всего срока службы и придающим материалу морозостойкость до -60 °С.

В аспектах прогнозируемых условий выживания космонавтов целесообразно рассмотреть вопрос об использовании автономного мобильного робота (АМР), который может выступать в роли робота-помощника и способен к выполнению работы в автономном режиме навигации, распознаванию движущихся и стационарных объектов, сбору и передаче телеметрических данных и других функций, что повышает его адаптивные возможности к условиям экстремальной внешней среды.

Медицинская помощь членам космических экипажей в экстремальных условиях, вероятно, будет необходима при таких угрожающих жизни и здоровью состояниях, как травмы тяжелой и средней степени тяжести, артериальные кровотечения, ожоги (термические и химические), поражение электрическим током, остановка дыхания и кровообращения, отравления и укусы ядовитых животных и насекомых и др.

При этом основными мероприятиями экстренной медицинской помощи будут:

- устранение (снижение интенсивности) действия травмирующего или поражающего фактора;
- введение противоядия, антидотов;
- проведение базовой сердечно-легочной реанимации;
- временная остановка наружного кровотечения;
- наложение асептической повязки на раны и ожоги, окклюзионной повязки при пневмотораксе;
- обеспечение транспортной иммобилизации;
- создание безопасных условий и контроль состояния пострадавшего и др.

**Перспективные направления
применения средств аварийного оповещения
в сочетании БПЛА как фактор улучшения
ситуационной осведомленности экипажа
в условиях выживания в экстремальных условиях**

При выполнении полетов в неконтролируемом воздушном пространстве при отсутствии диспетчерского обслуживания целесообразно реализовать возможность пилотируемым и беспилотным воздушным судам автономно «видеть» друг друга, автоматически оповещать о своем присутствии и использовать алгоритмы уклонения при опасном сближении.

Эта проблема имеет самое непосредственное отношение к проведению аварийно-поисковых операций в северных районах при нештатных посадках спускаемого аппарата. Поскольку, как отмечалось выше, фактор времени до прибытия аварийно-спасательных команд часто является определяющим с точки зрения сохранения шансов выживания в условиях холодовой травмы, остро стоит вопрос о применении совместно с БПЛА новых средств аварийного оповещения, которые могли бы доставляться экипажу и, тем самым, улучшить ситуационную осведомленность командира экипажа при принятии решений об объеме самостоятельно выполняемых работ, включая медицинские вмешательства по острым показаниям.

Безусловно, вопрос организации взаимодействия всех задействованных в поисково-спасательных мероприятиях сил и средств заслуживает отдельного дополнительного рассмотрения в рамках самостоятельной публикации, так как деятельность руководства по интеграции в единую команду спасательной операцией имеет много организационно-тактических нюансов. Проведенные работы по поиску и спасанию экипажей аварийных летательных аппаратов при ЧС показывают необходимость интенсификации испытательных и исследовательских работ в данном направлении.

В качестве базовой технологии для реализации указанных задач можно рассматривать технологию автоматического зависимого наблюдения радиовещательного типа (АЗН-В).

АЗН-В – универсальная технология, обеспечивающая наблюдение воздушных судов в интересах организации воздушного движения (ОРВД), ситуационную осведомленность экипажей, реализацию ряда примыкающих применений [28]. Указанная технология была апробирована. Были выполнены совместные полеты пилотируемых и беспилотных воздушных судов в воздушном пространстве Российской Федерации, чем подтверждается практическая полезность применения данной технологии, в том числе в интересах авиационно-космического поиска и спасания.

Также специалисты ФГУП «ГосНИИАС» с положительным результатом выполнили задачу по организации и проведению экспериментальных исследовательских работ по использованию системы АЗН-В (режим 4 VDL-4) в условиях Арктики в интересах государственной и гражданской авиации [29].

Благодаря использованию функциональных возможностей оборудования АЗН-В VDL-4 была реализована миссия по обеспечению взаимного наблюдения участников эксперимента, взаимодействия при решении задач десантирования и посадки воздушных судов на дрейфующую льдину, решения задач поиска и спасания с использованием БПЛА. Одновременно в эксперименте прошло апробирование малогабаритного оборудования (радиомаяков) АЗН-В VDL-4, разработанного ФГУП «ГосНИИАС» (г. Москва), в ходе которого обеспечивалось предоставление объективной информации на электронном планшете пилота.

При медицинском обеспечении поисково-спасательных работ и выживания космонавтов на месте аварии до прибытия спасателей наиболее перспективными в плане использования БПЛА представляются следующие виды работ:

- поисково-спасательные работы и спасательные работы в опасных условиях (при плохой видимости, в условиях интенсивного обледенения и др.) и в труднодоступных районах, а также предварительное инспектирование труднодоступных территорий (и удаленных местностей разных климатических зон, включая северные районы РФ) на предмет построения навигационных схем и разработки вариантов поисково-спасательной операции;
- доставка предметов первой необходимости (теплой одежды, воды, пищи, медикаментов и медицинских материалов, технических средств и т.д.) в ситуациях и условиях, требующих незамедлительности действий;
- определение рациональных схем и путей эвакуации экипажа с места посадки.

Выводы

1. Своевременное обнаружение, спасение, эвакуация и оказание экстренной медицинской помощи пострадавшему космонавту лежит в основе обеспечения безопасности пилотируемой программы освоения космоса и составляет область компетенции спасателей и врачей авиационно-космической медицины. Опираясь на достигнутый уровень безопасности орбитальных полетов и качества медицинского обеспечения на МКС, важно сохранить и расширить возможности медицинской помощи в перспективных проектах. Кроме того, важно повысить готовность самого экипажа адекватно реагировать на потенциально опасные для жизни и здоровья НшС и, как следствие, их неблагоприятного развития – аварийные ситуации. Это положение в полной мере относится к сценарию развития НшС, в результате которой экипаж совершает посадку в недостаточно доступных с суровыми климатогеографическими условиями северных районах России. Наряду с обеспечением возможностей поисково-спасательных групп по осуществлению операций поиска и спасения экипажей, необходимо последовательно расширять арсенал средств обеспечения выживания космонавтов в экстремальной обстановке климатогеографических зон и оказания при необходимости экстренной медицинской

помощи до прибытия спасательных служб на основе инновационных технологий. В дополнение к традиционным методам и средствам, применяемым для спасения пострадавших, оказания им экстренной медицинской помощи и медицинской поддержки в процессе эвакуации, активно использовать аварийно-спасательных роботов (АСР), в том числе ориентированных на применение специальных конструкций медицинских эвакуационных модулей, предназначенных для транспортировки пострадавших членов экипажа.

2. Исследование вопросов сохранения безопасности экипажей, в первую очередь, связано с особенностями медицинского обеспечения при нештатных вариантах посадки СА ТПК. При реализации сценария нештатной посадки СА ТПК в северных районах необходимо учитывать риски, связанные со специфическими факторами опасности этих территорий для космических экипажей. При выведении на орбиту и досрочном спуске особое внимание должно быть уделено вопросам обеспечения безопасности экипажа при посадке на лес, склоны гор, заболоченную местность, водные поверхности и др. После посадки одним из наиболее значимых рисков для выживания экипажа будет холодовой фактор, так как для северных районов температура окружающей среды характеризуется существенными низкими значениями, что требует специальных мер и средств обеспечения выживаемости и (в случае высокого риска холодовой травмы) специального набора средств оказания экстренной медицинской помощи.

3. Члены экипажа СА ТПК в аварийной ситуации могут оказаться в безлюдной местности на значительном удалении от населенных пунктов и обжитых районов. Следовательно, они скорее всего будут вынуждены автономно существовать в сложной обстановке длительное время, пока им не окажут помощь авиационные спасатели, что требует быстрого и гибкого реагирования на обстановку и расширения возможностей авиационных поисково-спасательных средств посредством включения в их состав БА. При этом потребуются авиационные средства спасения и средства оказания медицинской помощи, пригодные к эксплуатации в специфических природно-климатических условиях северных районов, в том числе средства для десантирования (укладки, комплекты, платформы) аварийно-спасательного снаряжения, запасов топлива, пищи, воды, медицинского имущества и др.

4. При разработке медико-технических требований к оснащению бортовых медицинских упаковок и составлению полетных инструкций для космонавтов можно опираться на имеющийся опыт проведения неотложных медицинских мероприятий в системе МЧС и на существующие прототипы устройств медицинского назначения и роботизированных систем, планируемые к применению в ЧС. При этом необходимо учитывать ряд факторов, которые связаны как с условиями проведения медицинских мероприятий, так и с опытом и уровнем профессиональной подготовки космонавтов и их квалификацией в области оказания медицинской помощи пострадавшим при возникновении НшС. В данной статье практически не затронут,

но, безусловно, заслуживает отдельного внимания вопрос подготовки космонавтов к выполнению достаточно сложных медицинских мероприятий, включая приобретение ими устойчивых практических навыков выполнения реанимационных мероприятий, обезболивания и поддержания витальных функций человека как непосредственно при автономном выживании, так и при отсутствии медицинского персонала при последующей эвакуации пострадавших.

5. При выборе способов спасания и путей эвакуации космонавтов при нештатных посадках СА ТПК необходимо принимать во внимание возможности доставки с помощью БА средств защиты организма, обеспечения жизнедеятельности и медицинского имущества в объеме, обеспечивающим группе поиска и спасание резерв времени для прибытия к месту приземления космического экипажа и на организацию эвакуационных мероприятий.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0130-2014-0006: тема 65.1 (№ госрегистрации 01201370667).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Молчанов В.П., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации; МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – С. 7, 169, 220, 251.
- [2] Тихонов Д.Г. Арктическая медицина. – ЯкуСА ТК: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2010. – 317 с.
- [3] Шелепов А.М., Чувашев М.Л., Седов И.В. и др. Арктика. Исторические аспекты освоения и современные проблемы // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. – 2014. – № 1(45). – С. 212–219.
- [4] Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утв. Президентом Российской Федерации 18 сентября 2008 г. N Пр-1969) [Электронный ресурс] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142561/ (дата обращения: 15.12.2015).
- [5] Горбунов А.А., Пономорчук А.Ю. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Арктической зоне Российской Федерации // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС РОССИИ. 2016. Вып. 4 Электронный ресурс. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/1.pdf> (доступ 2019.01.12)
- [6] Нестеренко А.Г. Анализ проблемы организации управления и взаимодействия при ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктическом регионе // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2015. – № 3(35). – С. 71–77.
- [7] Грязнов С.Н., Малышев В.П. Обеспечение комплексной безопасности при освоении ресурсной базы Арктической зоны Российской Федерации // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – № 1. – Т. 4.
- [8] Воропаев Н.П. Применение беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России № 4. – Санкт-Петербург: СПб УГПС, 2014. – С. 13–17.

- [9] Поисково-спасательные работы при помощи беспилотных летательных аппаратов. // Электронный ресурс. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/poiskovo-spasatelnyih-raboty-pri-pomoshhi-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov/> (доступ 2019.01.12).
- [10] Коннова Л.А., Бончук Г.И. Об истории беспилотных летательных аппаратов и перспективах их использования в практике спасательных работ // Сайт Российские беспилотники. // Электронный ресурс. URL: <https://russiandrone.ru/publications/ob-istorii-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-i-perspektivakh-ikh-ispolzovaniya-v-praktike-spasateln/> (доступ 2019.01.12).
- [11] Попов Н.И., Ефимов С.В. Использование беспилотных летательных аппаратов в МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2012. – Электронный ресурс. URL: <http://uran.donntu.org/~masters/2017/etf/nizhenets/library/article2.htm> (доступ 2019.01.12).
- [12] Кишалов А.Е., Хаматнурова А.Ф. К вопросу о применении беспилотной авиации в МЧС // Электронный ресурс. Российские беспилотники. <https://russiandrone.ru/publications/k-voprosu-o-primenenii-bespilotnoy-aviatsii-v-mchs-aerogeo/> (доступ 2019.01.12).
- [13] Кишалов А.Е., Галимзянова Р.Р. Применение БПЛА в задачах подразделений МЧС // Молодежный вестник УГАТУ. Ежемесячный журнал – № 1(13). – Уфа: УГАТУ, 2015. – С. 74–79.
- [14] Овсяник А.И. Вектор развития: О новшествах, разрабатываемых в системе МЧС // Точка опоры. – 2014. – № 6. – С. 5–7. [Электронный ресурс] URL: <https://rucont.ru/efd/423309> (Режим доступа свободный, дата обращения 2019.01.12).
- [15] Картеничев А., Иванов А., Сукочев А. Задачи беспилотной авиации МЧС России в Арктической зоне // Электронный ресурс. URL: <http://secuteck.ru/articles2/firesec/zadachi-bespilotnoy-aviatsii-mchs-rossii-v-arkticheskoy-zone> (дата обращения: 17.12.2018).
- [16] В РФ создан человекоподобный робот-спасатель // Сайт «Фонда перспективных исследований». Электронный ресурс. URL: https://fpi.gov.ru/press/media/b_rf_sozdan_chelovekopodobniy_robot_spasately (доступ 2019/01/12).
- [17] Гетц Е. Сайт «Российские беспилотники». Зачем спасателям нужны дроны и что нужно учитывать разработчикам дронов // Электронный ресурс: URL: https://russiandrone.ru/news/zachem_spasatelyam_nuzhny_drony_i_chno_nuzhno_uchityvat_razrabotchikam_dronov/ (доступ 20.12.2018).
- [18] Karsten Berns, Atabak Nezhadfar, Massimo Tosa, Haris Balta and Geert De Cubber (August 23rd 2017). Unmanned Ground Robots for Rescue Tasks, Search and Rescue Robotics, // IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.69491. Available from: <https://www.intechopen.com/books/search-and-rescue-robotics-from-theory-to-practice/unmanned-ground-robots-for-rescue-tasks> (accessed: 17.12.2018).
- [19] Клементьева А. Робот-спасатель помогает аварийно-спасательным службам. Наука 21 век // Электронный ресурс. URL: <http://nauka21vek.ru/archives/48244> (дата обращения: 17.12.2018).
- [20] Роботы займутся спасением в Арктике. Искусственный интеллект обеспечит взаимодействие наземных и воздушных дронов // Электронный ресурс. URL: <https://iz.ru/699859/aleksandr-kruglov-aleksei-ramm/roboty-zaimutsia-spaseniem-v-arktike> (дата обращения: 17.12.2018).

- [21] Васильев И.А., Куличенко А.Д. Алгоритмы подготовки группировки спасательных роботов для спасения людей, терпящих бедствие в морских условиях // Робототехника и техническая кибернетика. – 2018. – № 3(20). – С. 39–41. Электронный ресурс. URL: <https://doi.org/10.31776/RTSJ.6304> (доступ 20.12.2018).
- [22] Васильев И.А. Применение группировок мобильных роботов для проведения спасательных миссий в морских условиях // Робототехника и техническая кибернетика. – № 4. – 2017. – С. 6–9.
- [23] Васильев И.А. Анализ операций группы роботов для спасения людей, терпящих бедствие в морских условиях // Робототехника и техническая кибернетика. – № 1. – 2018. – С. 10–13.
- [24] Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций // под общ. ред. С.К. Шойгу // МЧС РФ, Факультет ГО ВИА. – 2005.
- [25] Информационный ресурс. Информационно-обучающий портал подготовки спасателей к действиям в условиях Арктической зоны «Арктика без опасности» URL: <http://arctica.igps.ru/> Раздел: Первая медицинская помощь. URL: // <http://arctica.igps.ru/survival/info/7> (доступ 20.12.2018).
- [26] Арктической группировке ВС поставят телемедицинские комплексы // РИА НОВОСТИ. Электронный ресурс. URL: http://ria.ru/defense_safety/20150621/1080114457.html (дата обращения: 08.11.2016).
- [27] Поляков А.В., Грязнов Н.А., Сенчик К.Ю., Усов В.М., Мотиенко А.И. Ассистивные возможности роботизированных систем для сердечно-легочной реанимации в условиях лунной базы // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2018. – Т. 52. – № 3. – С. 13–27. DOI: 10.21687/0233-528X-2018-52-3-13-27.
- [28] Чернышев Ю.П. Технологическое обеспечение интеграции БВС в общее воздушное пространство – существующее состояние и перспективы внедрения в Российской Федерации // Научно-практическая конференция по развитию беспилотных авиационных систем АЭРОНЕТ 2016. г. Москва, 15–17 сентября 2016 г.
- [29] ФГУП «ГосНИИАС» на Северном полюсе // Электронный ресурс. URL: <http://www.gosniias.ru/pages/sp16.html> ljcneg cdj.jlysq (дата обращения 2019/03/21).

REFERENCES

- [1] Molchanov V. P., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. The Risks of Emergency Situations in the Arctic Zone of the Russian Federation; EMERCOM of Russia. – М.: FGBU VNII GOCHS (FC), 2011. – pp. 7, 169, 220, 251.
- [2] Tikhonov D.G. Arctic medicine. – Yakuza TK: Publishing house of Yakut Scientific Center of The Siberian Branch of RAS, 2010. – p. 317.
- [3] Shelepov A. M., Vostrikov M. L., Sedov I. V., etc. The Arctic. Historical Aspects of Development and Modern Problems // Vestnik of the Russian Military Medical Academy. – 2014. – No 1(45). – pp. 212–219.
- [4] The Development Strategy of the Arctic Zone of the Russian Federation and National Security for the Period up to 2020 (app. The President of the Russian Federation on September 18, 2008, N PR-1969) [Electronic] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142561/ (accessed: 15.12.2015).
- [5] Gorbunov A.A., Ponomarchuk A.Yu. Protecting the Population and Territories from Natural and Man-Caused Emergencies in the Arctic Zone of the Russian Federation // Bulletin of the St. Petersburg University Of the State Fire Service of EMERCOM of RUSSIA. 2016. Issue. 4 URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/1.pdf> (accessed 2019.01.12).

- [6] Nesterenko A.G. Analysis of Problems of Organization and Interaction in Dealing with Emergencies in the Arctic Region // Problems of technosphere risk management. – 2015. – No 3(35). – pp. 71–77.
- [7] Gryaznov S.N., Malyshev V.P. Comprehensive Security during the Development of the Resource Base of the Arctic zone of Russian Federation // Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya. – 2014. – No 1. – Vol. 4.
- [8] Voropaev N.P. Application of Unmanned Aerial Vehicles in the Interests of EMERCOM of Russia // Bulletin of St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, No 4. – St. Petersburg: St. PETERSBURG, 2014. – pp. 13–17.
- [9] The Use of Unmanned Aerial Vehicles in Search and Rescue Operations // [Electronic]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/poiskovo-spatelnyih-raboty-pri-pomoshhi-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov/> (accessed: 2019.01.12).
- [10] Konnova L.A., Bonchuk G.I. On the History of Unmanned Aerial Vehicles and the Prospects of Their Use in Rescue Practice // Russian drones Website. [Electronic]. URL: <https://russiadrone.ru/publications/ob-istorii-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-i-perspektivakh-ikh-ispolzovaniya-v-praktike-spateln/> (accessed: 2019.01.12).
- [11] Popov N.A., Efimov S.V. The Use of Unmanned Aerial Vehicles by the EMERCOM of Russia // Safety Issues During Rectification of Emergency Consequences. 2012. // [Electronic]. URL: <http://uran.donntu.org/~masters/2017/etf/nizhenets/library/article2.htm> (accessed: 2019.01.12).
- [12] Kishalov A.E., Khamaturova A.F. On the Ussue of the use of Unmanned Aircraft by the EMERCOM // [Electronic]. Russian drones Website. <https://russiadrone.ru/publications/k-voprosu-o-primenenii-bespilotnoy-aviatsii-v-mchs-aerogeo/> (accessed 2019.01.12).
- [13] Kishalov E.A., Galimzyanova R.R. The Use of UAVs for the Tasks of the EMERCOM Divisions // Youth Herald USATU. Monthly periodical. – No 1(13). – Ufa: USATU, 2015. – pp. 74–79.
- [14] Ovsyanik A.I. Development Vector: On Innovations Developed by the EMERCOM of Russia. To-inform. – 2014. – No 6. – pp. 5–7. [Electronic]. URL: <https://rucont.ru/efd/423309> (accessed: 2019.01.12).
- [15] Kartenichev A., Ivanov A., Sukochev A. Tasks of Unmanned Aircraft of EMERCOM of Russia in the Arctic Zone // [Electronic]. URL: <http://secuteck.ru/articles2/firesec/zadachi-bespilotnoy-aviatsii-mchs-rossii-v-arkticheskoy-zone> (accessed: 17.12.2018).
- [16] Russia Creates a Rescue Android // Website of the Foundation for Prospective Investigations. [Electronic]. URL: http://fpi.gov.ru/press/media/b_rf_sozdan_chelovekopodobniy_robot_spatately (accessed: 2019/01/12).
- [17] Goetz E. Why Do People Need to Get the Drones and What You Need to Consider Developers Drones // Website of «Russian drones». [Electronic]. URL: https://russiadrone.ru/news/zachem_spatatelyam_nuzhny_drony_i_chno_nuzhno_uchityvat_razrabotchikam_dronov/ (accessed: 20.12.2018).
- [18] Karsten Berns, Atabak Nezhadfar, Massimo Tosa, Haris Balta and Geert De Cubber (August 23rd 2017). Unmanned Ground Robots for Rescue Tasks, Search and Rescue Robotics // IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.69491. Available from: <https://www.intechopen.com/books/search-and-rescue-robotics-from-theory-to-practice/unmanned-ground-robots-for-rescue-tasks> (accessed: 17.12.2018).
- [19] Klementyeva A. Rescue Robot Supports Emergency Response Services. Science of the 21st century // [Electronic]. URL: <http://nauka21vek.ru/archives/48244> (accessed: 17.12.2018).

- [20] Robots Will Be Engaged in Rescue in the Arctic. Artificial Intelligence to Ensure the Interaction of Ground and Air Drones // [Electronic]. URL: <https://iz.ru/699859/aleksandr-kruglov-aleksei-ramm/roboty-zaimutsia-spaseniem-v-arktike> (accessed: 17.12.2018).
- [21] Vasiliev I. A., Kulichenko A.D. Algorithms for Preparing a Group of Rescue Robots for Saving People in Distress in Sea Conditions // Robotics and technical Cybernetics. – 2018. – No 3 (20). – pp. 39–41. [Electronic]. URL: <https://doi.org/10.31776/RTCJ.6304> (accessed 20.12.2018).
- [22] Vasiliev I.A. Application of Groups of Mobile Robots for Carrying out Rescue Missions in Sea Conditions // Robotics and technical Cybernetics. – No 4. – 2017. – pp. 6–9.
- [23] Vasiliev I.A. The Analysis of Operations of a Group of Robots to Rescue People in Distress in the Sea // Robotics and technical Cybernetics. – No 1. – 2018. – pp. 10–13.
- [24] Support and Force Liquidation of Emergency Situations // Under the General Editorship of Sergei Shoigu // EMERCOM of Russia, the Faculty of GO VIA. – 2005.
- [25] Information resource. Information Portal to Train Rescuers for Activity in the Arctic Zone “Arctic without Danger” [Electronic]. URL: <http://arctica.igps.ru/> Section: “First aid”. [Electronic]. URL: <http://arctica.igps.ru/survival/info/7> (accessed 20.12.2018).
- [26] The Arctic Group of the Armed Forces Will Be Supplied with the RIA NEWS Telemedicine Systems // [Electronic]. URL: http://ria.ru/defense_safety/20150621/1080114457.html (accessed: 08.11.2016).
- [27] Polyakov A.V., Gryaznov N.Ah., Senchik K.Yu., Usov V.M., Mokievko A.I. Assistive Capabilities of Robotic Systems for Cardiopulmonary Resuscitation in a Lunar Base // Aerospace and environmental medicine. – 2018. – Vol. 52, No 3. – pp. 13–27. DOI: 10.21687/0233-528X-2018-52-3-13-27.
- [28] Chernyshev Yu.P. The Technological Support for the UAV Integration in Common Airspace – the Current State and Prospects of Implementation in the Russian Federation // Scientific and Practical Conference on the Development of Unmanned Aircraft Systems AERONET 2016. Moscow, September 15–17, 2016.
- [29] FGUP “GosNIIAS” at the North Pole // [Electronic]. URL: <http://www.gosniias.ru/pages/sp16.html> ljcneg cdj.jllysq (accessed 2019/03/21).

ОБЗОРЫ

OVERVIEWS

УДК 629.785

DOI 10.34131/MSF.19.2.96-113

МИССИИ-АНАЛОГИ ЕКА, ПРОВОДИМЫЕ В ИНТЕРЕСАХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В ДАЛЬНИЙ КОСМОС: CAVES, PANGAEA, :envihab, ESOL

П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной, Ю.И. Онуфриенко

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

В статье проведен обзор миссий-аналогов, проводимых ЕКА в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос. Рассмотрены: проект CAVES по исследованию и отработке технологий в пещерах, проект PANGAEA по отработке программ геологической подготовки астронавтов и технологий в ударном кратере, каньоне и на вулканическом острове, проект :envihab по исследованию человека в многофункциональном модульном медицинском исследовательском комплексе, проект ESOL по отработке лунных миссий на комплексе искусственных лунных аналогов. Проанализированы цели, задачи и направления исследований в рамках каждого проекта. **Ключевые слова:** миссия-аналог, дальний космос, астронавт, внекорабельная деятельность, экстремальные условия, скафандр.

Analogue Missions Performed by ESA in the Interests of Crewed Flights to Deep Space: CAVES, PANGAEA, :ENVIHAB, ESOL.

P.P. Dolgov, E.Yu. Irodov, V.S. Korennoy, Yu.I. Onufrienko

The paper reviews analogue missions performed by ESA in the interests of crewed flights to deep space. The following projects are considered here: the CAVES project is designed to study and mature technologies in caves; the PANGAEA project is designed to work out the programs for geological training of astronauts and the technologies in an impact crater, canyon and volcanic island; the :envihab project is designed to examine humans using multifunctional modular medical research complex; and the ESOL project is designed to develop lunar missions using the complex of artificial lunar counterparts. The objectives, tasks and research lines are analyzed for each project.

Keywords: analogue mission, deep space, astronaut, extra vehicular activity, extreme conditions, space suit.

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. Это обуславливает актуальность проработки вопросов подготовки космонавтов к работам на поверхности Луны [1]. Подготовка космонавтов к деятельности на поверхности Луны должна будет проводиться в условиях, сходных по различным показателям с условиями на Луне. По мнению специалистов ведущих космических агентств, среды-аналоги реальных условий (природные, искусственные и смешанные лунные аналоги) являются эффективными инструментами для поддержки разработки, демонстрации и проверки новых технологий и эксплуатационных концепций в интересах программ полетов на Луну. Лунные аналоги, которые воспроизводят аспекты космоса на Земле, предоставляют ценную испытательную площадку для инструментов и концепций, а также место для исследований и тренировочную площадку для космонавтов. В работах [2, 3] авторами были рассмотрены миссии-аналоги, проводимые НАСА и ЕКА в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: марсианский проект Хотон; программа исследования и отработки технологий в пустыне; программа демонстрации использования местных ресурсов; проект «озеро Павилион»; проект «Марсианская арктическая научно-исследовательская станция»; миссии НАСА по операциям в экстремальной окружающей среде; Международная космическая станция – стенд-аналог для исследований; проект «Марсианский двор» и некоторые другие. В данной статье рассмотрены еще несколько новых проектов ЕКА, выполняемых в рамках подготовки к полетам в дальний космос и, прежде всего, к пилотируемым полетам на Луну.

Проект CAVES

Окружающая среда: пещеры

Проект CAVES реализуется ЕКА на итальянском острове Сардиния в пещере Са Грутта (Sa Grutta) пещерного комплекса Супрамонте (Supramonte). Эта пещерная система находится всего в нескольких километрах от цивилизации и все же достаточно удалена, чтобы обеспечить изоляцию, типичную для космического полета.

Аббревиатура CAVES расшифровывается как **Cooperative Adventure for Valuing and Exercising Human Behaviour and Performance Skills** (групповой рискованный поход для оценки и отработки поведения и навыков деятельности человека).

При определении основных целей участия астронавтов (космонавтов, тайконавтов) в данном проекте, его разработчики считают, что точно так же, как в космическом полете, для успешного завершения миссии в пещере необходимо, чтобы астронавты:

- приспособились к совместному проживанию и работе в сложной обстановке;
- уделяли постоянное внимание правилам безопасности, порядку выполнения работ и ограниченным ресурсам;
- выполняли и документировали поставленные научные задачи;

- преодолевали критические ситуации;
- противостояли логистическим проблемам и их психологическим последствиям;
- привыкли к отсутствию частной жизни и комфорта;
- сотрудничали и проявляли свои лидерские качества.

Пещеры – одна из природных сред, которая очень реалистично имитирует среду обитания внеземных исследователей. Пещеры – это темные, отдаленные места с постоянной температурой, многими логистическими проблемами и стрессами (изоляция, трудности с коммуникацией и снабжением, физические препятствия). Их исследование требует дисциплины, командной работы, технических навыков и большой поведенческой адаптации. Кроме того, пещеры представляют собой враждебную и опасную среду, в которой должны учитываться полученные знания в части порядка выполнения работ и четкого следования требованиям правил безопасности.

Перемещение в пещере (либо по горизонтали с использованием тросов, либо по вертикали с использованием альпинистского снаряжения) требует постоянного внимания, умелого использования инструментов и доверия к снаряжению. Эти действия похожи на выходы в открытый космос, потому что они требуют безопасного крепления, трехмерной ориентации, избегания опасных зон, а также тщательного планирования и командной работы [4].

Типовой план-график каждой миссии состоит из 3 этапов:

1. Предварительное обучение, которое проводится в течение четырех первых дней и включает альпинистскую подготовку, изучение правил безопасности, методов исследования пещер, особенностей фотосъемки в пещерах, методов ориентации, а также методик выполнения запланированных научных исследований.

2. Расширенная разведка пещер, которая проводится в течение шести дней и включает переход к назначенному месту и разбивку базового лагеря, проведение картографирования заданных участков пещер, выполнение научных исследований, возвращение на поверхность. В качестве основных задач научных исследований, выполняемых в пещерах астронавтами, являются работы по биологии, окружающей среде, геологоразведке, метеорологии, микробиологии, минералогии и гидрохимии.

3. Подведение итогов, которое проводится в течение двух заключительных дней и включает обсуждение результатов работы в команде, составление отчетов по отдельным научным задачам и в целом по миссии.

В рамках проекта CAVES в период с 2011 года по 2016 год осуществлено пять международных миссий, в которых приняли участие 26 астронавтов из шести космических агентств – Европы (ESA), Японии (JAXA), США (NASA), России (Roscosmos), Китая (CNSA) и Канады (CSA). Представительство (количество астронавтов) космических агентств в каждой из пяти миссий проекта CAVES показано на рис. 1. При этом российские космонавты принимали участие во всех пяти миссиях.

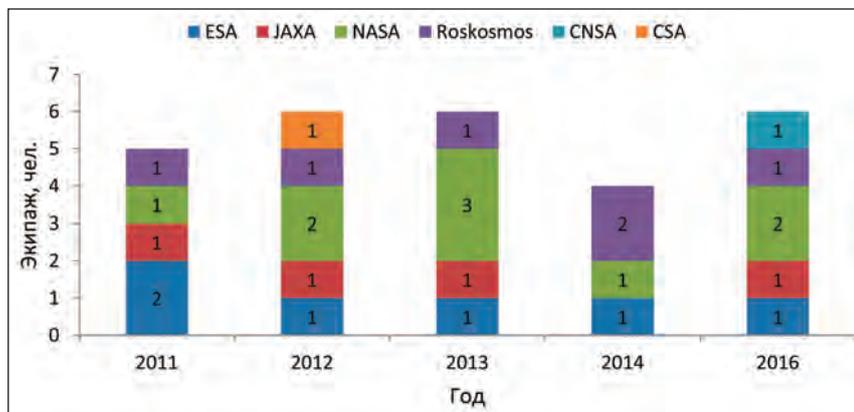


Рис. 1. Состав участников миссий проекта CAVES

В работах по проекту CAVES приняли участие шесть российских космонавтов: С.Н. Рыжиков (2011 г.), Н.В. Тихонов (2012 г.), А.Н. Овчинин (2013 г.), А.А. Мисуркин (2014 г.), С.В. Кудь-Сверчков (2014 г.) и С.В. Корсаков (2016 г.), фотографии с тренировок которых показаны на рис. 2.



С.Н. Рыжиков



Н.В. Тихонов



А.Н. Овчинин



А.А. Мисуркин



С.В. Кудь-Сверчков



С.В. Корсаков

Рис. 2. Российские космонавты, участвовавшие в проекте CAVES [4]

Проект CAVES признан всеми участвовавшими астронавтами, в том числе, имеющими опыт космических полетов, в качестве очень реалистичного аналога космического полета. Деятельность в условиях пещер характеризуется: необходимостью адаптации к условиям окружающей среды, воздействием стресса и усталости, необходимостью постоянного выполнения требований безопасности. Задачи по разведке и документированию, а также научная деятельность предоставляют реалистичный набор технических задач, которые выполняются в формате, подобном космическому полету.

Проект PANGAEA

Окружающая среда: ударный кратер, каньон и вулканический остров

Название проекта PANGAEA (Planetary ANalogue Geological and Astrobiological Exercise for Astronauts) расшифровывается как планетный аналог геологических и астробиологических тренировок для астронавтов. Проект назван в честь древнего земного суперконтинента Пангеи (*англ. Pangea*) [5].

В будущих миссиях астронавты будут исследовать планетные геологические условия с целью решения важных научных вопросов путем отбора проб и документирования в полевых условиях. В связи с этим основной частью проекта PANGAEA является создание учебного курса по планетарной геологии для европейских астронавтов, чтобы они стали эффективными партнерами ученых и инженеров при разработке будущих исследовательских миссий. Обучение на Земле в местах со схожими с Луной геологическими особенностями и условиями эксплуатации является необходимым шагом не только для выявления наиболее перспективных образцов, но также для эффективной связи между астронавтами и научной поддержкой с Земли во время геологических исследований планетных тел.

Цели учебного курса:

- получить базовые знания о геологических процессах и окружающей среде Земли, Луны, Марса и астероидов;
- развить навыки наблюдений и принятия решений для определения геологических особенностей, выполнения эффективного отбора проб и краткого и правильного информирования служб наземного контроля;
- научить распознавать и описывать среду, в которой может существовать внеземная жизнь.

Учебный курс разделен на 3 последовательно выполняемых этапа и проводится в течение года в следующих местах (планетарных аналогах):

1. Геология Земли и Луны в ударном кратере Нордлингер Рис (*нем. Nördlinger Ries*), расположенном на юго-западе Германии.

2. Марсианская осадочная геология и поверхностные процессы в каньоне Блеттербах (*итал. La gola del Bletterbac*), расположенном на севере Италии.

3. Геологическая полевая подготовка и астробиология на вулканическом острове Лансароте (*исп. Lanzarote*), входящем в состав Канарских островов, Испания [5].

Конечной целью последнего этапа для астронавтов является самостоятельная подготовка и выполнение геологических и геомикробиологических обходов участков местности, при этом используется гибкий метод выполнения задач – астронавт имеет свободу изменения запланированных задач в реальном времени на основе текущих полевых наблюдений. Особое внимание обращается на предотвращение загрязнения образцов, а также оценку, как конкретные операционные параметры, инструменты анализа и поддержки принятия решений, поддерживающие технологии влияют на документирование и процесс отбора проб.

Всего в период с 2016 года по 2018 год в рамках проекта PANGAEA проведено три учебных курса. В них приняли участие астронавты ЕКА Лука Пармитано, Педро Дуке, Матиас Маурер, Саманта Кристофоретти, Томас Райтер, а также российский космонавт Сергей Кудь-Сверчков.

В дополнение к целям обучения астронавтов в области полевой геологии, в ноябре 2017 года ЕКА предложила структуру PANGAEA внутренним участникам проекта, партнерским агентствам и внешним исследователям в качестве аналоговой тестовой кампании, называемой PANGAEA-eXtension (сокр. PANGAEA-X), усилия которой сосредоточены на отработке технологий и эксплуатационных концепций для полевой геологии и разведки [5].

Две основные цели были связаны с выбором экспериментов для кампании:

- тестирование технологий и операций для геологического и геомикробиологического отбора проб;

- тестирование технологий для разведки, картографии, навигации и связи в условиях слабого освещения, лавовых труб и пересеченной местности.

Обе эти цели находятся в пределах общей цели, чтобы получить знания о том, как разрабатывать стратегии разведки и полевой геологии для планетарных миссий, с особым акцентом на лунные условия.

Было предложено пятнадцать экспериментов одиннадцатью различными научно-исследовательскими институтами и компаниями, в которых участвовали четыре космических агентства, что позволило разработать программу испытаний с амбициозным набором взаимосвязанных целей с результатами, применимыми для исследования человека, роботов и их совместной деятельности.

Операционные концепции для геологического отбора проб во время выхода в открытый космос сравнивались при испытании новых аналитических и механических инструментов, обеспечивающих сбор образцов в реальных условиях окружающей среды и различных ситуациях.

Ряд технологических приложений был использован для получения навигационной и геологической информации на участках испытаний с помощью трехмерного сканирования и фотограмметрии с дронов. В средах с лавовыми

трубами микробиологический отбор проб сочетался с выполнением на месте процесса секвенирования ДНК (определение нуклеотидной последовательности) пещерной микробиоты (микрофлоры и микрофауны) портативным прибором, дистанционным зондированием и трехмерным картированием, а также тестированием подземных коммуникационных инструментов. Геофизические технологии использовались, чтобы идентифицировать подземные пустоты и характеризовать геологический субстрат. Все эти тесты и эксперименты были выполнены с участием европейских астронавтов и при содействии экспертов по эксплуатации и обучению ЕКА с целью оценки потенциальных применений и разработок для будущих миссий и обучения астронавтов.

Одним из инновационных инструментов, разработанных ЕКА и тестируемых в рамках проекта PANGAEA-X, является «Электронная полевая книга» (Electronic Field Book, сокр. – EFB). Этот инструмент объединяет позиционирование в реальном времени, обмен данными, голосовой чат и многое другое. EFB может записывать каждый этап экспедиции и связывать образцы с местами и другими наборами образцов. Каждое взаимодействие с учеными также хранится в системе. EFB объединяет входные данные от других внешних инструментов, таких, как микроскопы, видеокамеры кругового обзора или спектрометры. Карты местности, глоссарий и библиотека минералов также доступны пользователю. В будущем предполагается, что панорамные изображения будут передаваться на виртуальные гарнитуры ученым, находящимся на Земле, или другому члену экипажа лунной экспедиции, что позволит им видеть окружающую местность «глазами астронавта». Внешний вид EFB и один из вариантов интерфейса при работе показаны на рис. 3.

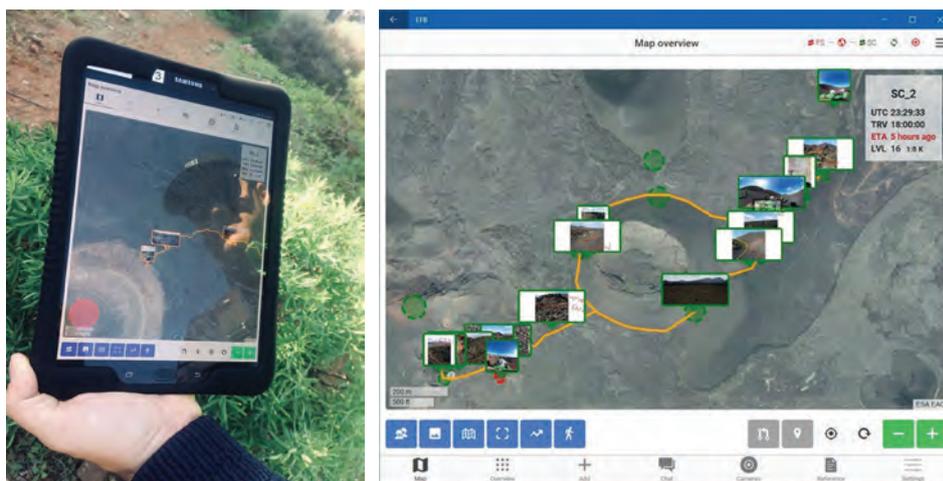


Рис. 3. Электронная полевая книга [5]

Обновленная версия EFB была впервые использована в Лансароте в 2018 году. Полевые ретрансляторы с радиусом действия до 100 м обеспечивали связь с научными группами даже во время экспедиции в лавовой трубе.

Проект PANGAEA представляет собой одну из программ обучения астронавтов и испытаний элементов космической техники, направленных на совместное исследование планет солнечной системы человеком и роботами. Результаты выполненных работ показали, что развитие навыков определения геологических особенностей изучаемых объектов, выполнения эффективного отбора проб, документирования результатов, ведения репортажей и поддержания связи с наземными службами контроля потребует реализации совместной программы подготовки и полевых испытаний.

Проект :envihab

Окружающая среда: многофункциональный модульный медицинский исследовательский комплекс

Комплекс представляет собой земной аналог научного комплекса для проведения исследований в области медицины и биологии на МКС и для будущих полетов человека в дальний космос. Название происходит от словосочетания «environmental habitat» и обозначает замкнутую систему жизнеобеспечения. Комплекс создан Институтом аэрокосмической медицины, входящим в состав Немецкого аэрокосмического центра (DLR), и предназначен для изучения в строго стандартизованных условиях воздействия экстремальных условий окружающей среды на людей и определения возможных мер профилактики и противодействия. Этот комплекс является единственным в своем роде и представляет собой уникальное сочетание лабораторий для исследований на людях и одновременно может служить в качестве наземного аналога космической станции. Кроме того, комплекс располагает идеальными условиями для проведения реабилитации астронавтов после полетов на МКС. На площади 3500 м² размещены восемь отдельных модулей (M1–M8), построенных по принципу «дом в доме» [6]:

1. Центрифуга короткого радиуса (M1).
2. Физиологическая и баромедицинская лаборатория (M2).
3. Лаборатория сна и физиологии (M3).
4. Лаборатория позитронно-эмиссионной и магнитно-резонансной томографии (M4).
5. Психологическая лаборатория (M5).
6. Биологическая лаборатория (M6).
7. Инфраструктурная зона (M7).
8. Зона общественного назначения (M8).

Схема расположения модулей в здании центра представлена на рис. 4.

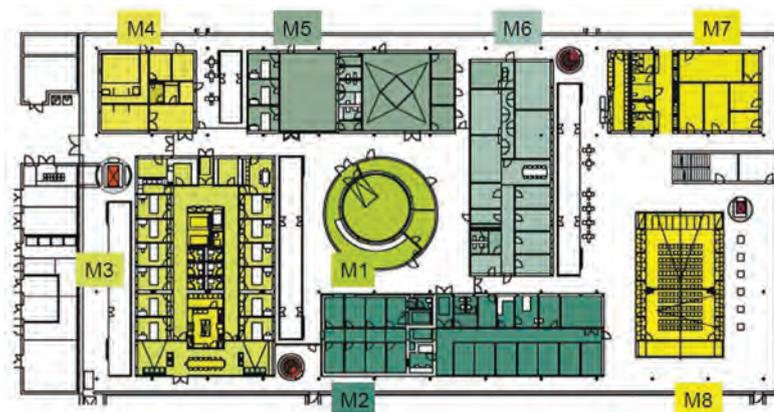


Рис. 4. Схема размещения модулей :envihab [6]

Центрифуга короткого радиуса (M1)

Радиус центрифуги равен 3,80 м. Максимальное радиальное ускорение 6 g (на внешнем радиусе), градиент перегрузки 0,2 g за секунду. Имеется возможность перемещения кабины во время вращения центрифуги. Возможна экспертиза четырех человек одновременно, рост испытуемых от 1,50 м до 2,10 м. Обеспечивается затемнение в зале центрифуги до 98 %, при этом яркость освещения регулируется в диапазоне 0–800 люкс.

Физиологическая и баромедицинская лаборатория (M2)

Физиологическая зона располагает общей площадью 200 м² и делится на семь блоков. Имеется возможность снижения содержания кислорода до 12 % в течение 5 часов (≈ 4500 м), а также увеличение содержания углекислого газа до 3 %, с изменением 1 % в час. Возможна независимая регулировка температуры и влажности. Обогащение кислородом в гипобарических условиях до максимального парциального давления 220 мбар.

Баромедицинская зона располагает общей площадью 110 м² и делится на восемь блоков. Имеется возможность снижения давления окружающей среды до минимального 300 мбар (≈ 9000 м), а также снижение содержания кислорода до 12 % в течение 5 часов (≈ 4500 м). Возможно увеличение содержания углекислого газа до 3 %, с изменением 1 % в час. В наличии имеется внутренняя канализация, а также шлюзы для доступа и снабжения персонала (питание и т.д.).

Лаборатория сна и физиологии (M3)

Располагает общей площадью 364 м², имеется 12 индивидуальных комнат (по 12,9 м²) для испытуемых и комната для отдыха (71 м²). Имеется возможность снижения содержания кислорода до 12 % в течение 5 часов (≈ 4500 м), а также увеличения содержания углекислого газа до 3 %, с изменением 1 % в час. Интенсивность света в каждой комнате регулируется от 0,5 до 1500 люкс,

контроль спектрального состава света в каждой комнате осуществляется по LED-технологии. Имеется возможность забора крови во время сна без помех участникам исследования. Проводится независимая регулировка температуры и влажности. Имеется кухня для приготовления пищи.

Лаборатория позитронно-эмиссионной и магнитно-резонансной томографии (ПЭТ и МРТ) (М4)

Лаборатория оборудована молекулярным МРТ и ПЭТ сканером «Siemens Biograph mMR». Производится МРТ всего тела (индукция магнитного поля 3 Тл) со встроенной ПЭТ. Для визуализации используется натриевая катушка (^{23}Na), а для локальной спектроскопии фосфорная катушка (^{31}P). Имеется MR-совместимый эргометр бедра и голени, комбинируемый с различными катушками. Имеется fMRI (функциональная магнитно-резонансная томография для измерения активности мозга). В качестве ПЭТ нуклида используется изотоп фтора (^{18}F).

Психологическая лаборатория (М5)

Лаборатория общей площадью 258 м² разделена на две зоны, соединенные системой двойных дверей. Одна зона площадью 130 м² – специальная звукоизолированная. Обеспечиваются условия изоляции и конфиденциальности для шести испытуемых параллельно. Температура и влажность независимо регулируются.

Биологическая лаборатория (М6)

Лабораторная зона состоит из 5 лабораторных комнат (одна из которых – чистая комната класса ISO 8), комнаты для подготовки к эксперименту, четыре комнаты для медосмотров, две для медицинской подготовки. Имеется помещение для проведения семинаров вместимостью до 10 человек. Все лаборатории оснащены высокотехнологичными лабораторными столами, лабораторными холодильниками, морозильниками с температурой до –80 °С. Кроме того, в наличии холодильные инкубаторы, инкубаторы-шейкеры, шкафы биологической безопасности и лабораторная стиральная машина, автоклав, стерилизатор и система очистки воды.

Инфраструктурная зона (М7)

Данный модуль включает в себя центр информационных технологий, все интеллектуальные системы и инфраструктуру для обслуживания здания, а также объекты питания для зоны общественного назначения.

Зона общественного назначения (М8)

Общественная зона размещается на площади около 1500 м² и включает зону оказания выездных услуг общественного питания, выставочную зону и лекционный зал. Лекционный зал может принять до 150 посетителей, имеется возможность разделить на два зала и иметь проекционные экраны в каждом зале.

Проект :envihab направлен на изучение организма человека при воздействии комплекса стандартизированных условий. Получаемые данные могут быть использованы в качестве отправной точки для перспективных задач моделирования, которые потребуются во всех областях медицины в будущем. В зависимости от плана исследования испытуемые могут быть изолированы, иммобилизованы и/или подвергнуты воздействию индивидуальных или комбинированных целевых стрессовых ситуаций. Кроме того, физические и психологические методы восстановления могут быть изучены в условиях строго контролируемой и воспроизводимой окружающей среды.

В рамках Программы исследований человека НАСА в партнерстве с DLR в 2017 году спланировали и провели в :envihab миссию VaPER (VIP и Psychological :envihab Research). Эта миссия являлась частью проекта «Нарушение зрения и внутричерепного давления» (VIP), в котором изучается влияние долгосрочного воздействия микрогравитации на структуру глаза и зрение членов экипажей МКС до полета и после их возвращения на Землю. Отличительная особенность этой миссии была в том, что комплекс :envihab обеспечил возможность нахождения участников VaPER в течение 30 дней в постели в антиортостатическом положении (шесть градусов) и дыхание воздухом с повышенным содержанием углекислого газа (0,5 %). В 2019 году предполагается проведение миссии AGBRESA (постельный режим с искусственной гравитацией – Европейское космическое агентство). Будет изучаться возможность использования искусственной силы тяжести (вращение на центрифуге короткого радиуса) для уменьшения негативных последствий невесомости (моделируется 60-дневным постельным режимом).

Проект ESOL

Окружающая среда: комплекс искусственных аналогов

По мнению специалистов ЕКА, искусственные лунные аналоги имеют существенные преимущества перед природными. В рамках Программы общих исследований ЕКА (ESA's General Studies Programme – GSP) специально созданным консорциумом были проведены исследования лунных аналогов (проект Lunar Analogues – LUNA). Цель этого исследования ЕКА состояла в том, чтобы определить потребности в искусственных лунных аналогах, проанализировать, достаточно ли существующих и планируемых искусственных лунных аналогов в Европе и во всем мире для удовлетворения этих потребностей, есть ли пробелы в функциональных возможностях аналогов и представить новые искусственные лунные аналоги для устранения выявленных пробелов.

В целом, весь процесс идентификации потребностей привел к выявлению 159 потребностей в искусственных аналогах. Эти потребности были ранжированы в соответствии с их значимостью в дорожных картах, справочных миссиях и публикациях, а также в отношении их важности для

специалистов-экспертов. Из них 19 потребностей получили высокую оценку значимости. Эти потребности, названные «ведущими потребностями», были объединены в следующие основные группы:

- исследование возможностей использования лунных ресурсов – тестирование технологий добычи и переработки для сухого и ледяного реголита, а также строительных технологий;
- изучение влияния коммуникационных ограничений (пропускной способности, задержки по времени) на телеоперации и развертывание робототехники;
- разработка мер защиты от лунной пыли и уменьшения отрицательных последствий ее воздействия;
- верификация и валидация систем, процедур и новых эксплуатационных концепций с участием экипажа;
- оценка выполнения операций внекорабельной деятельности в условиях лунной гравитации, включая эргономические испытания инструментов;
- испытание систем регулирования окружающей среды и обеспечения жизнедеятельности полужамкнутого и замкнутого цикла.

Проведенный анализ потребностей и пробелов дал представление о том, какие из существующих искусственных лунных аналогов в Европе уже имеют хороший потенциал (т. е. одновременно удовлетворяют несколько потребностей) и, таким образом, представляют собой «основные места» для развития в направлении более полного искусственного лунного аналога. Всего было выявлено три таких места – в Италии, Франции и Германии. Для каждого из этих основных мест были разработаны общие концепции создания искусственного лунного аналога. Основываясь на трех общих концепциях, которые были представлены в среднесрочном обзоре исследования, ЕКА выбрало аналоговую концепцию ЕАС/DLR для дальнейшего рассмотрения в отношении уточнения технической концепции, установления сценариев использования и концепций реализации. Эта концепция лунного аналога получила название «Европейская лаборатория наземных операций» (European Surface Operations Laboratory – ESOL).

Техническая концепция ESOL

Немецкий аэрокосмический центр (DLR) в Кельне содержит несколько существующих аналоговых объектов – в комплексе :envihab и в Европейском центре астронавтов (ЕАС), что делает его хорошей базой для реализации объекта искусственного лунного аналога.

Средства ЕАС уже включают в себя комплекс нейтральной плавучести (NBF), инфраструктуру классов и аудиторий, центр управления полетами/моделированием и большой тренировочный зал, в котором можно выделить большую площадь для новых компонентов искусственного аналога. Помимо вышеупомянутых объектов, ЕАС обладает очень специфическим и ценным человеческим капиталом: непосредственным опытом и ноу-хау

от астронавтов, инструкторов, врачей экипажа и группы медицинской поддержки астронавтов.

Для проведения моделирования лунных миссий предлагается внедрить в учебном зале ЕАС следующие компоненты (в скобках указаны обозначения, использованные на рис. 5) [7]:

- испытательный стенд с имитатором реголита (Regolith Testbed);
- обитаемый модуль на основе саморазвертываемого отсека для работы в экстремальных условиях, разработанный ЕКА в 2012–2015 годах (Self-deployable Habitat for Extreme Environments – SHEE Habitat);
- два макета скафандров для внекорабельной деятельности, пригодные для использования как при погружении под воду в NBF, так и в сухой среде на испытательном стенде с имитатором реголита (EVA suit);
- система гравитационной разгрузки, пригодная для моделирования лунной гравитации как для операторов в скафандрах, так и для луноходов (Gravity off-loading);
- электронный стенд-имитатор лунохода, моделирующий шесть степеней свободы с визуализацией виртуальной реальности поверхности Луны (Full Motion Simulator);
- центр управления полетами (MCC);
- площадка для отработки операций по использованию лунных ресурсов, включая 3D-печать (ISRU/3D area);
- стыковочный/шлюзовой отсек (Node);
- порт скафандра для выхода на поверхность Луны (Suitport).

Проект схемы размещения перечисленных компонентов показан на рис. 5.

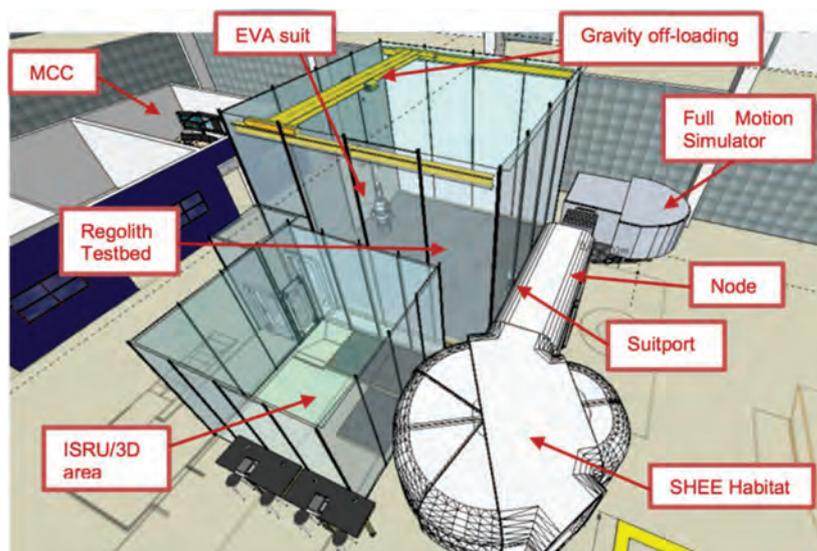


Рис. 5. Схема размещения компонентов ESOL [7]

Кроме того, в новом здании рядом со зданием ЕАС предлагается построить испытательный стенд для луноходов площадью около 1000 м² с морфологией лунного рельефа. Этот большой испытательный стенд также будет полезен для тестирования технологий 3D-печати крупных конструкций путем спекания лунного реголита с использованием солнечной энергии или других методов. В октябре 2018 года Европейским космическим агентством, Немецким аэрокосмическим центром и французской компанией Air Liquide было подписано соглашение о том, что они объединяют усилия для создания, эксплуатации и использования энергетического объекта, который имитирует поставки энергии для лунной базы. Цель состоит в том, чтобы проверить технологии извлечения воды для производства водорода и использовать его в качестве энергоносителя. В условиях, близких к тем, которые встречаются на Луне, будут проверяться различные типы материалов и производственных процессов, начиная с водородного топливного элемента, который будет поставляться компанией Air Liquide.

Концепции использования ESOL

1) *Проведение экспериментов по проекту HERACLES (Human-Enabled Robotic Architecture and Capability for Lunar Exploration and Science).* Проект HERACLES (робототехническая архитектура с поддержкой человеком и возможности для разведки и научных исследований Луны) предусматривает посадку на лунную поверхность лунохода с помощью взлетно-посадочного аппарата, предварительно доставленного на станцию, находящуюся в окололунном пространстве. На поверхности луноход будет собирать образцы лунного грунта в специальный контейнер. Луноход будет иметь как автономный режим работы, так и телеуправляемый, в котором он взаимодействует с экипажем, находящимся на окололунной станции. Луноход возвращает контейнер обратно на взлетно-посадочный модуль, который запускается к окололунной станции. После стыковки со станцией, экипаж извлекает контейнер с образцами, хранит его внутри станции, выполняет предварительную научную оценку и возвращается с ним на Землю. Первая фаза этого эксперимента HERACLES (HOPE-1) является наземным экспериментом и предполагает 7-дневное моделирование с одним членом экипажа в автономном модуле, выполняющим дистанционные телеоперации как часть своего типового ежедневного графика (физические упражнения, техническое обслуживание систем, прием пищи). При этом осуществляется полная изоляция от внешнего мира, за исключением радиосвязи и передачи данных в Центр управления полетами. Эксперименты первой фазы могут быть полностью выполнены в ESOL, включая SHEE Habitat, Центр управления полетами (включая поддержку связи) и большой испытательный стенд с луноходом.

2) *Комплексная аналоговая миссия, ежегодная, организуемая ЕКА.* Для этой миссии экипаж может быть выбран из действующих астронавтов ЕКА и добровольцев (аналогично выбору экипажа для аналогов CAVES

и NEEMO). Эти миссии предполагается использовать Европейским центром космических исследований и технологий (ESTEC) для тестирования/проверки новых концепций операций, а также оперативной апробации технических систем, таких, как:

- система экологического контроля и жизнеобеспечения (ECLSS) или система микробиологического анализа качества воздуха для космоса (MIDASS) в обитаемом модуле с экипажем от двух до четырех человек;
- технологии защиты от лунной пыли;
- системы использования лунных ресурсов при работе с «ледяным» реголитом и химически точными имитаторами реголита;
- перемещение луноходов с моделированием физических условий, близких к натурным, и дистанционным управлением по каналам связи, имеющим задержку по времени и ограниченную пропускную способность.

3) *Исследования долгосрочной изоляции.* Миссии, аналогичные тем, которые проводятся в рамках Программы исследований человека (HRP) НАСА по проекту HERA (The Human Exploration Research Analog) (HERA), могут проводиться в ESOL с уникальной возможностью полной интеграции обитаемого модуля через шлюзовую отсек с испытательным стендом с имитатором реголита, а также с электронным стендом-имитатором лунохода. Это позволит экипажу выполнять наземную отработку операций ВКД непосредственно из обитаемого модуля, выполняя выход/вход через соответствующие порты, а также моделировать длительные перемещения в герметичном луноходе. В дальнейшем рекомендуется модернизировать обитаемый модуль с точки зрения объема и жизнеобеспечения, чтобы иметь возможность разместить в нем от четырех до шести членов экипажа.

4) *Использование в проекте Spaceship EAC.* Основная цель проекта Spaceship EAC (космического корабль Европейского центра астронавтов) заключается в разработке эксплуатационных концепций и технологий с низким уровнем готовности (по шкале TRL) для поддержки миссий по исследованию космического полета человека (с особым акцентом на сценарии лунного обитания). В последнее время проект Spaceship EAC существенно расширился. В 2015 году команда проекта состояла из 15 человек (13 стажеров или аспирантов, 1 сотрудник ЕКА и 1 научный сотрудник на полный рабочий день). В ближайшие годы в космический проект планируется ежегодно привлекать 30–50 магистров и/или аспирантов под руководством 2–3 научных сотрудников. В настоящее время реализуются проекты в области энергетических исследований (например, системы генерирования электроэнергии с использованием топливных элементов для лунной базы, накопления энергии с использованием лунного реголита), аддитивные технологии с использованием переработки и спекания лунного реголита, очистки и рециркуляции воды (например, эксперимент по гидропонике и выращиванию растений), моделирование и исследование приспособленности для длительного пребывания людей (например, виртуальная лунная база и ВКД).

Испытательный стенд ESOL для моделирования лунного реголита, обитаемый модуль, симулятор поверхности виртуальной реальности и симулятор системного уровня позволят объединить исследования и операции по Spaceship EAC.

5) *Использование Немецкого аэрокосмического центра.* Комплекс ESOL, размещаемый на площадке DLR в Кельне, будет стимулировать исследовательские группы на местах в тестировании и валидации новых технологий. Для этой цели средства ESOL будут использоваться неинтегрированным образом, то есть в качестве лаборатории или испытательного стенда. Например, Институт физики материалов в космосе, входящий в состав DLR, который может использовать испытательный стенд с высококачественными физическими и химическими имитаторами лунного реголита для тестирования процессов ISRU, таких, как 3D-печать. Также и с медицинскими исследовательскими группами в DLR будет взаимобогащение: ESOL предлагает дополнительные возможности проекту :envihab для испытаний на людях. Например, в ESOL может быть проведено интегрированное моделирование, а испытуемые могут быть изучены в :envihab (сбор фоновых данных до начала и после завершения эксперимента).

Проект ESOL является «миссия-ориентированным аналогом» и предназначен для высокоинтегрированного моделирования условий деятельности людей и роботов, для тестирования сценариев миссий, определения напряженности циклограмм и операций, обучения астронавтов для выполнения операций на поверхности Луны. Соответствующие средства, имеющиеся в DLR, а также специфический и ценный человеческий капитал – непосредственный опыт и ноу-хау от астронавтов, инструкторов, врачей экипажа и группы медицинской поддержки астронавтов – позволят обеспечить достижение целей комплекса ESOL.

Выводы

1. Для подготовки к осуществлению пилотируемых полетов на Луну ЕКА разработало и выполняет программу исследований, направленную на проверку концепций выполнения планируемых миссий, демонстрацию новых технологий решения всего спектра задач, которые будут выполняться на лунной поверхности.

2. С целью осуществления эффективной практической подготовки астронавтов по планетарной геологии разработаны специальные учебные курсы в условиях природных лунных аналогов. Параллельно с подготовкой астронавтов проводится тестирование технологий, эксплуатационных концепций и инструментов для эффективно организованного геологического отбора проб, наблюдения и документирования.

3. Для обеспечения возможности изучения воздействий на организм человека экстремальных условий создан земной аналог научного комплекса

с целью проведения исследований в области медицины и биологии на МКС и с целью будущих полетов на Луну – высокотехнологичный комплекс :envihab.

4. Для тестирования сценариев миссий, определения напряженности циклограмм и операций, исследования дистанционных операций и процедур и обучения астронавтов операциям на поверхности Луны разработана техническая концепция и начато создание комплексного искусственного лунного аналога (ESOL) на базе DLR.

5. Опыт проведения исследований ЕКА показывает, что в процессе разработки и реализации концепции российской лунной программы целесообразно организовать отечественные системные исследования по созданию отечественного межведомственного комплекса лунных аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны / Иродов Е.Ю., Долгов П.П., Коренной В.С., Крючков Б.И., Ярополов В.И. // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. № 1 (26). С. 71–89.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] CAVES:Сайт European Space Agency (ESA) [Электронный ресурс]. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Caves (дата обращения 14.01.2019).
- [5] PANGAEA (Planetary ANalogue Geological and Astrobiological Exercise for Astronauts): Сайт ResearchGate [Электронный ресурс]. URL <https://www.researchgate.net/project/PANGAEA-Planetary-ANalogue-Geological-and-Astrobiological-Exercise-for-Astronauts> (дата обращения 22.02.2019).
- [6] :envihab - Future Research for Space and Earth: Сайт The German Aerospace Center (DLR) [Электронный ресурс]. <https://www.dlr.de/envihab/en/desktopdefault.aspx/tabid-6890/> (дата обращения 18.02.2019).
- [7] Analogues for Preparing Robotic and Human Exploration on the Moon: Сайт ResearchGate [Электронный ресурс]. URL https://www.researchgate.net/publication/303098584_Analogues_for_Preparing_Robotic_and_Human_Exploration_on_the_Moon (дата обращения 28.01.2019).

REFERENCES

- [1] Cosmonaut training for work on the lunar surface / Irodov E.Yu., Dolgov P.P., Korennoy V.S., Kryuchkov B.I., Yaropolov V.I. // Manned Space Flights. – 2018. No 1 (26). pp. 71–89.

- [2] NASA analogue missions, implemented in the interests of manned missions to deep space: HMP, Desert RATS, ISRU, PLRP, FMARS / Dolgov P.P., Irodov E.Yu., Korennoy V.S. // *Manned Space Flights*. – 2016. – No 3(20) – pp. 68–79.
- [3] Analogue missions of NASA implemented in the interests of manned deep space exploration: NEEMO, ISTAR, Mars Yard/Chamber, Antarctic/desert, Hi-SEAS / Dolgov P.P., Irodov E.Yu., Korennoy V.S., Kaspranskiy R.R. // *Manned Space Flights*. – 2016. – No 4(21) – pp. 43–56.
- [4] CAVES: European Space Agency (ESA) Website [Electronic]. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Caves (access date 14.01.2019).
- [5] PANGAEA (Planetary ANalogue Geological and Astrobiological Exercise for Astronauts): ResearchGate Website [Electronic]. URL <https://www.researchgate.net/project/PANGAEA-Planetary-ANalogue-Geological-and-Astrobiological-Exercise-for-Astronauts> (access date 22.02.2019).
- [6] :envihab - Future Research for Space and Earth: The German Aerospace Center (DLR) Website [Electronic]. <https://www.dlr.de/envihab/en/desktopdefault.aspx/tabid-6890/> (access date 18.02.2019).
- [7] Analogues for Preparing Robotic and Human Exploration on the Moon: ResearchGate Website [Electronic]. URL https://www.researchgate.net/publication/303098584_Analogues_for_Preparing_Robotic_and_Human_Exploration_on_the_Moon (access date 28.01.2019).

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.788:001.8

DOI 10.34131/MSF.19.2.114-133

ОТ ЖЮЛЯ ВЕРНА ДО МИССИЙ «АПОЛЛОНОВ» (КАК ПРИНИМАЛОСЬ РЕШЕНИЕ О ВЫСАДКЕ НА ЛУНУ)

Ю.М. Батулин

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ, докт. юридических наук, профессор, чл.-корр. РАН Ю.М. Батулин
(ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН)

Высадка человека на Луну рассматривается в рамках четырехфазной схемы развития технических нововведений. Статья фокусируется на принятии политического решения президентом США. Обсуждается влияние НАСА, политических советников президента Кеннеди, академического сообщества и успехов Советского Союза на его решение. На весах сравнивались цена национального престижа, научная польза, риск для экипажа и бюджетные расходы. Критикой научного сообщества, предупреждавшего, что научные результаты должны быть более весомы, пренебрегли. Демонстрируется, как победил первый фактор – национальный престиж. Показывается роль научных советников в механизме принятия президентских решений.

Ключевые слова: Луна, высадка на Луну, США, президент, принятие решения, годовщина.

From Jules Verne to “Apollo” Missions (How the Decision for Lunar Landing Was Made). Y.M. Baturin

The landing of a man on the moon is considered within the framework of a four-phase scheme for the development of technical innovations. The article focuses on making a political decision by the us President. The influence of NASA, political advisers to President Kennedy, the academic community and the success of the Soviet Union on its decision is discussed. On the scales they compared the price of national prestige, scientific advantage, the risk to the crew and budget expenditures. Criticism of the scientific community, which warned that scientific results should be preferable, neglected. It is demonstrated how the first factor – national prestige-won. The role of scientific advisers in the presidential decision-making mechanism is shown.

Keywords: Moon, lunar landing, USA, president, decision-making, anniversary.

«Какой же практический результат
дало это путешествие на Луну,
не сравнимое ни с одним путешествием,
увековеченным в летописях человечества?»

Жюль Верн. Вокруг Луны [1]

Космический корабль к Луне стартовал в книге великого фантаста и провидца Жюль Верна. Конечно, идея путешествия на Луну принадлежит не ему. Можно назвать многих авторов, мечтавших и писавших об этом, начиная с Плутарха, включая Сирано де Бержерака, Рудольфа Распе, воспевавшего подвиги барона Мюнхгаузена и даже Эдгара По. Но без сомнения столь точные научно-технические расчеты, вплетенные в ткань романов «С Земли на Луну» (1865) и «Вокруг Луны» (1870), столь тщательное продумывание всего технологического цикла – от системы жизнеобеспечения и наземных испытаний техники до тренировок экипажа – прежде в литературе не встречались.

Говоря об истоках своего космического творчества, К.Э. Циолковский признавался: «Стремление к космическим путешествиям заложено во мне известным фантазером Жюлем Верном. Он пробудил работу мозга в этом направлении. Явились желания. За желаниями возникла деятельность ума. Конечно, она бы ни к чему не привела, если бы не возникла помощь со стороны науки» [2].

Четырехфазное движение

Если взять публикацию первого романа Ж. Верна за исходную точку, то, учитывая цикличность развития научно-технических проектов, можно представить общую картину научно-технического пути к спутнику нашей планеты. В XIX–XX веках продолжительность глобального цикла технических нововведений составляла 140 лет, разделенных на четыре фазы длительностью примерно по 35 лет: 1) первые фантастические идеи; 2) научные исследования; 3) инженерные решения; 4) полномасштабное освоение [3].

Первую фазу начнем отсчитывать с лунных романов Жюль Верна. На границе первой и второй фаз – фантастическая повесть К.Э. Циолковского «На Луне» [4]. В опубликованных материалах к автобиографии Р. Годдард указал 1899 год как дату, с которой он стал думать, как осуществить космический полет.

Вторая фаза открывается научными трудами К.Э. Циолковского в области космонавтики. В нее попадают первые патенты Р. Годдарда по ракетной технике (1914) и книга Ю.В. Кондратюка (А.И. Шаргея), в которой он привел основные уравнения ракетодинамики, предложил схему многоступенчатой кислородно-водородной ракеты и наивыгоднейшие траектории межпланетных полетов, в том числе обосновал и рассчитал энергетически экономичную схему посадки на Луну: полет на орбиту Луны – старт на Луну

с орбиты – возвращение на орбиту и стыковку с основным кораблем – полет на Землю. Эту схему американцы впоследствии использовали для своих лунных экспедиций, назвав ее «трассой Кондратюка». Автор будто бы почувствовал запрос времени, назвав книгу «Тем, кто будет читать, чтобы строить».

Третья фаза «Инженерные решения» связывается с 1926 годом, когда Р. Годдард запустил первую ракету с жидкостным реактивным двигателем. В 1929 году в Ленинграде в составе Газодинамической лаборатории создается подразделение под руководством В.П. Глушко по разработке жидкостных ракет. В 1930 году организованы общественные Группы изучения реактивного движения (ГИРД) в Москве и Ленинграде. В 1932 году Московскому ГИРД предоставляют экспериментальную базу для разработки ракет, и начальником ГИРД назначают С.П. Королева. В том же 1932 году в Куммерсдорфе (Германия) организована испытательная станция для разработки ракет на жидком топливе под руководством В. Дорнбергера и В. фон Брауна, которая в 1937 году переведена в Пенемюнде и преобразована в ракетный центр.

Ученые и инженеры активно организуются в научно-космические общества: в 1926 году «Общество по исследованию межпланетных пространств» в Вене; в 1927 году «Общество межпланетных сообщений» в Бреслау (тогда Германия); в 1933 году «Британское межпланетное общество». Регулярные заседания последнего привели к созданию в феврале 1937 года Технического комитета, состоявшего из нескольких рабочих групп. Его инженерами был спроектирован космический корабль для доставки человека на Луну и возвращения его обратно (рисунок). Выведение должен был осуществлять носитель с твердотопливными ускорителями (в комитете не было известно о секретных исследованиях В. фон Брауна, а ракеты на жидком топливе представлялись слишком сложными и дорогими).

В 1939 году один из руководителей Британского межпланетного общества Г. Росс опубликовал в журнале общества (“Journal of the British Interplanetary Society”) статью о полете человека на Луну на корабле, названном в честь общества “V.I.S.” (аббревиатура означала Британское межпланетное общество) [5].

В 1942 году в Германии состоялся первый пуск ракеты A-4/V-2, известной как «Фау-2». К 1944 году в Германии фактически была создана новая отрасль военной промышленности –



Проект лунного корабля V.I.S. (фрагмент чертежа)

ракетостроение, в то время как в других странах разработки ЖРД находились еще в экспериментальной стадии.

После окончания Второй мировой войны 127 немецких ракетчиков во главе с В. фон Брауном прибыли в США для создания ракетного вооружения (в Советский Союз попало небольшое число специалистов из Германии). Были также привезены узлы и агрегаты, достаточные для сборки сотни ракет «Фау-2». В 1946 году их уже начали использовать на полигоне «Уайт Сэндс» («Белые пески»).

18 октября 1952 года в статье «Путешествие человека на Луну» Вернер фон Браун описал, как это будет: «Первая экспедиция, 50 ученых и инженеров стартуют с орбитальной станции на трех неуклюжих, но высокоэффективных ракетных кораблях... Каждый корабль длиной 160 футов (на девять футов больше высоты Статуи Свободы) и около 110 футов в диаметре... Последние 100 минут перед посадкой особенно напряженные. Садимся на автопилоте. Мы падаем все медленнее и медленнее, скользя над лунной поверхностью как приземляющийся вертолет. По мере приближения к Луне у опускающегося корабля пятая опора в виде размещенного по центру телескопического амортизатора выдвигается в пламени двигателей. Длинные зеленые языки огня лижут обожженную лунную поверхность. Клубы серо-бурой пыли отбрасываются в стороны. Они быстро оседают, а не висят в воздухе, как это было бы на Земле. Широкая круглая опора телескопической штанги проникает в мягкую вулканическую поверхность. Если соударение окажется слишком сильным, то электроника мгновенно пошлет двигателям команду увеличить тягу, чтобы смягчить удар при приземлении. Шум двигателей замирает. Наступает абсолютная тишина. Мы достигли Луны. Теперь наступает пора исследовать ее» [6].

Далее последовал запуск первого искусственного спутника Земли (4 октября 1957 года) и запуск первого космонавта Земли Ю.А. Гагарина (12 апреля 1961 года). Космонавтика вступала в свою четвертую фазу.

50 лет назад, 20 июля 1969 года, в полуночных новостях диктор московского телевидения зачитал короткое сообщение: «Сегодня в 23 часа 17 минут 43 секунды по московскому времени лунная кабина американского космического корабля «Аполлон-11» совершила успешную посадку на поверхность Луны в районе моря Спокойствия...».

В это время командир Нейл Армстронг и пилот лунного модуля Эдвин Базз Олдрин готовились к выходу. Пилот командного модуля Майкл Коллинз дожидался их на лунной орбите. В Москве было раннее утро 21 июля, когда Армстронг ступил на поверхность Луны. Тому знаменательному дню предшествовали интересные, но малоизвестные политические события.

Рождение проекта

1 октября 1958 года, с самого начала своей деятельности, Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства

США (НАСА) получило от администрации президента Дуайта Эйзенхауэра задание предпринять усилия по отправке человека в космос, что в скором времени вылилось в проект «Меркурий». Весной 1959 года НАСА образовало исследовательский комитет по пилотируемым полетам, который возглавил Гарри Гоэт, тогда работавший в исследовательском центре имени Эймса НАСА, но уже в мае возглавивший новый Центр космических полетов имени Годдарда. Комитет провел свое первое заседание 25–26 мая 1959 года. На нем Брюс Ландин из Исследовательского центра имени Льюиса НАСА заявил, что «конечная цель – пилотируемые межпланетные путешествия, а ближайшая должна заключаться в высадке человека на Луну и возвращении его обратно» [7]. Инженер-конструктор космических аппаратов Максим Фагет из Исследовательского центра имени Лэнгли НАСА одобрил «выбор исследования Луны в качестве исходной цели, хотя конечной целью должны бы стать пилотируемые межпланетные полеты» [7]. Джордж Лоу, тогда отвечавший в НАСА за запуск в космос человека, предложил, чтобы комитет утвердил миссию высадки человека на Луну в качестве долгосрочной цели НАСА с должным акцентом на промежуточные шаги, потому что «такой подход будет легче продать» [7]. Именно 25 мая 1959 года следует считать датой рождения лунной программы. И именно эта троица – Б. Ландин, М. Фагет и Дж. Лоу – стала отцами проекта. Другие участники совещания выступили за более скромную задачу – пилотируемый облет Луны без какой-либо попытки посадки. В тот раз комитет к согласию не пришел, но уже на следующем заседании в конце июня после серьезных лоббистских усилий Дж. Лоу комитет все же решил выбрать миссию высадки на Луну в качестве долгосрочной цели в рамках программы пилотируемых полетов с промежуточными этапами – космической станцией на околоземной орбите и окололунной станцией.

В соответствии с решением комитета по пилотируемым полетам к концу 1959 года НАСА подготовило и в декабре опубликовало долгосрочный план. В нем говорилось, что деятельность агентства в 1960-е годы «должна сделать возможным пилотируемые миссии для исследования Луны и ближайших планет». В качестве сроков первых полетов к Луне назывались 1965–67-е годы, высадка на Луну планировалась на 1970-е годы. В то время как Дж. Лоу и его ближайшие сотрудники рвались быстрее взяться за дело, НАСА терпеливо ожидало согласия Белого дома и Конгресса. Целесообразность высадки человека на Луну продолжала обсуждаться в высших эшелонах власти. Официально программа так и не была утверждена, но все же в 1960 году было принято решение неофициально рассматривать лунную экспедицию как основной элемент для будущей программы НАСА, получившей название «Аполлон». Такое имя предложил шеф Джорджа Лоу, директор программы космических полетов НАСА Эйб Силверстайн. Он хотел установить традицию называть проекты НАСА именами греческих богов. Именно он ранее дал имя и проекту «Меркурий».

Программа «Аполлон» в мае 1960 года была представлена президенту США Д. Эйзенхауэру, который попросил своего советника по науке, химика из Гарварда Джорджа Кистяковского проанализировать план НАСА в президентском Совете по науке. Для этого Дж. Кистяковский создал специальную группу под руководством Дональда Хорнига, профессора Университета Брауна. Заключение группы Хорнига было готово 16 декабря: «В обоснование пилотируемых программ положены эмоциональные аргументы и национальное честолюбие. Это не тот предмет, который можно обсуждать с инженерных позиций» [9]. Выводы были следующими: запуск человека в космос на орбиту вокруг Земли будет стоить 350 миллионов долларов; следующая задача – пилотируемый облет Луны – будет стоить около 8 миллиардов долларов; главная цель, которая может быть достигнута к 1975 году, – высадка человека на Луну – потребует дополнительных расходов от 26 до 38 миллиардов долларов [10]. Президент нашел, что запрашиваемые траты находятся за пределами разумного. 20 декабря 1960 года вопрос рассматривался на заседании Совета национальной безопасности. Реакция Эйзенхауэра была равнодушной: «Мне все равно, достигнет ли человек Луны» [11]. Когда кто-то сравнил ситуацию с той, когда испанская монархия решила профинансировать дорогую экспедицию Христофора Колумба, открывшего в результате Америку, Эйзенхауэр, напомнив способ, который использовали король Фердинанд и королева Изабелла, ответил, что «не собирается закладывать свои драгоценности, чтобы послать человека на Луну» [9].

Хотя Д. Эйзенхауэр понимал, что Соединенные Штаты вступают в космическую гонку с Советским Союзом, он не был заинтересован в выигрыше любой ценой, а лунный проект стоил очень дорого. Поэтому цель, выдвинутая НАСА, воспринималась администрацией президента Д. Эйзенхауэра, по меньшей мере, как спорная. Для Д. Эйзенхауэра победа в лунной гонке не была внутренней ценностью. И он не желал направлять усилия страны в этом направлении. Это оставляло НАСА в состоянии высокой неопределенности в отношении будущих проектов. И кто бы мог подумать, что эта неопределенность разрешится буквально через несколько месяцев с приходом в Белый дом президента Дж. Ф. Кеннеди, достаточно равнодушно к космическим исследованиям и получившим от своих советников ряд скептических суждений о предполагаемых пилотируемых полетах.

Первым, кто обратил внимание Джона Кеннеди на программу «Аполлон», точнее, на ключевую и самую дорогую ее часть – проектируемую ракету «Сатурн», был Ричард Нейштадт, консультант из его предвыборного штаба, который в записке, представленной ему 23 декабря 1960 года, написал об этом мощном носителе: «Он требуется только для того, чтобы доставить человека на Луну и вернуть его обратно. Коротко говоря, “Сатурн” – проект престижа. Сам по себе он не нужен, кроме как для этой цели» [12]. Цене национального престижа он посвятил в своей записке отдельную главу и, видимо, навел только что избранного президента на некоторые идеи. Никто до

него не характеризовал для Кеннеди огромные расходы на честолюбивые цели столь ясно и убедительно. И никто не ставил вопрос об иных, кроме прямых денежных вливаний, способах сохранять достоинство государства. Приведем этот раздел записки полностью.

«Проблема “национального престижа”

Со дня запуска первого спутника мы оказались в состоянии драматической гонки, стремясь стать «первыми» в осязаемых достижениях, которые прежде других бросаются в глаза, и потому оказывают влияние на общественное мнение, особенно за рубежом. Это заставило нас добиваться труднодостижимых свершений ради психологического эффекта, без оглядки на их научную или военную полезность. Долларовые издержки высоки и неизбежно будут расти. Проект создания сверхмощного носителя – классический случай, иллюстрирующий, как будут увеличиваться расходы НАСА в будущем. Эти долларовые траты отражают распыление ресурсов – отвлечение денег, рабочей силы, оборудования, научных знаний от иных направлений усилий государства. В этом сердце проблемы.

А проблема состоит в том, что нам нужно больше средств на исследование и разработки новых систем вооружений, больше средств на науку в целом, больше средств на экономические инвестиции за рубежом, больше средств на решение социальных задач дома. Деньги, потраченные без какой-либо конкретной цели, кроме психологического ощущения, что ты оказался «первым», – это деньги, которые мы могли бы использовать на насущные нужды.

Проблема обостряется тем, что в соответствии с наиболее привлекательным, в театральном смысле, образом «первых» русские могут оказаться далеко впереди нас. У нас есть основания полагать, что в целом наши научные программы исследования и освоения космоса более основательны, чем у Москвы, и дали более реальную научную отдачу. Но мы еще не нашли способа сделать наши успехи очевидными для «людей с улицы» по всему миру.

Возникают два вопроса.

1. Если мы отстаем и, скорее всего, останемся позади в соперничестве за «первые спутники», не должны ли мы выйти из гонки и перенаправить ресурсы, которые сейчас связаны с ней, на другие цели, имеющие осязаемую военную, научную или социальную ценность?

2. Какими средствами, если таковые имеются, мы можем сделать наши научно-технические победы более драматичными, а потому более привлекательными, особенно за рубежом, и как сделать заметной другую «гонку», которую мы с большей вероятностью «выиграем»? Ответы на эти вопросы повлияют практически на все аспекты бюджета НАСА в настоящее время и в ближайшие несколько лет. Надо признать, что на них очень трудно ответить простыми «да» или «нет», но разумно четкие ответы

необходимы для бюджетных руководящих принципов на 1962 финансовый год и далее» [12].

Еще раньше, сразу после своей победы на президентских выборах осенью 1960 года, Дж. Кеннеди сформировал «переходную команду» (кстати, он был первым из вновь избранных президентов, кто придумал такой механизм работы советников высокого уровня, помогавших в оценке проблем, с которыми ему в самом ближайшем будущем предстояло столкнуться). Среди первоочередных оказалась проблема эффективности усилий США в освоении космического пространства. Группу анализа возглавил Джером Визнер, физик из Массачусетского технологического института, ставший впоследствии советником президента по науке. 10 января 1961 года он представил президенту требуемый доклад, в котором весьма критически оценил руководство НАСА за приоритет, отданный пилотируемым полетам [13], поддерживающим «популистское убеждение, что человек в космосе – самая важная цель нашей невоенной космической программы» [14], и назвав, в частности, программу «Меркурий» из-за ограниченного количества необходимых для ее осуществления носителей «второстепенной». Прочитав заключение Дж. Визнера, Кеннеди вспомнил записку Р. Нейштадта. По всему выходило, что если нельзя выиграть соревнование, надо «выйти из гонки», а еще лучше завершить ее, превратив в совместное предприятие, то есть найти какой-то компромисс.

Планирование лунной миссии: американский или совместный проект?

20 января 1961 года в своей инаугурационной речи президент США Джон Ф. Кеннеди посылает Советскому Союзу сигнал: «Будем вместе исследовать звезды...» [15]. Вскоре он поручает своему советнику по науке подготовить предложения по сотрудничеству с Советским Союзом в области космических исследований. 13 февраля Кеннеди направляет уже лично Хрущеву телеграмму, в которой поздравляет его с запуском советской автоматической станции к Венере. И Хрущев через два дня отвечает ему, упомянув о предложениях, сделанных Кеннеди в инаугурационной речи. 14 февраля Дж. Кеннеди назначает руководителем НАСА Джеймса Уэбба, политически опытного и энергичного юриста. В течение нескольких недель Дж. Уэбб несколько раз встречался с президентом, настаивая на значительном ускорении и расширении программы НАСА. «Советы продемонстрировали, насколько эффективным может быть освоение космоса как символ научного прогресса и как дополнение внешней политики, – убеждал он президента. – Мы не сможем восстановить утраченный престиж, не увеличив возможности имеющихся ракет-носителей» [16]. В это время Кеннеди еще колебался в отношении будущей космической политики и пока не утверждал финансовые запросы НАСА. Поддержка агентству пришла из Совета по космическим

исследованиям Академии наук США. Председатель Совета Ллойд Беркнер, давнишний друг Дж. Уэбба, направил 31 марта 1961 года ему и советнику президента по науке Дж. Визнеру письмо с позицией Совета: «С научной точки зрения представляется, что нет места для разногласий в отношении роли человека в исследованиях Луны и планет. Участие человека в них станет весьма существенным, если и когда его окажется возможным включить в них» [16]. Кеннеди продолжает раздумывать, но события резко сократили ему время для размышлений: 12 апреля 1961 года первый в мире космический полет триумфально совершил Ю.А. Гагарин.

В поздравительном послании, направленном Хрущеву в связи с первым в мире пилотируемым космическим полетом Ю.А. Гагарина, Кеннеди пишет: «Я искренне желаю, чтобы в своем продолжающемся познании космического пространства наши страны смогли работать вместе на благо всего человечества» [17]. Этому предложению предшествовал серьезный, продуманный документ, подготовленный за неделю до старта Ю.А. Гагарина: «В качестве первого шага к неограниченному сотрудничеству США и СССР могли бы выбрать высадку с научными целями небольшой группы (около трех человек) на Луну, а затем вернуть их на Землю...» [18].

Президент все же колеблется, но внутренне уже готов принять советский вызов и все-таки включиться в космическую гонку, чтобы выиграть ее. Во второй половине дня 14 апреля 1961 года президент Кеннеди собрал ближайших советников, чтобы обсудить, каким мог бы стать американский ответ. В этот день он обещал дать интервью известному репортеру журналов «Лайф» и «Тайм» Хью Сайди, с которым был на дружеской ноге (как и со многими журналистами). Х. Сайди через пресс-секретаря Пьера Сэлинджера передал в письменном виде свои вопросы, а Дж. Визнер короткую записку с комментариями к ним. Но до интервью президент пригласил Х. Сайди попристутствовать на встрече с Дж. Уэббом, его заместителем Хью Драйденом и другими советниками. Х. Сайди потом описал эту встречу в своей книге о Джоне Кеннеди. По его словам, когда Драйден сказал президенту, что догнать русских можно лишь с помощью чрезвычайной программы по типу Манхэттенского проекта, в рамках которого создавалась атомная бомба, и такие усилия могут стоить до 40 миллиардов долларов (намек на 38 миллиардов в бюджетном плане НАСА – прим. Ю.Б.), президент вздохнул: «Я смогу решить, стоит ли игра свеч, когда мы будем знать больше. Подсказал бы мне кто-нибудь, как наверстать упущенное...» [19].

После совещания президент дал запланированное интервью. В списке журналиста стояли три группы вопросов, сформулированные в ключе «как побить Советы в космической гонке?». Среди них особо обращает на себя внимание один: «Смирился ли президент с поражением?» Конечно, он больно бил по самолюбию и не мог не вызвать эмоциональные последствия. В конце Х. Сайди спрашивал: «Насколько отсутствие решения связано со сменой администрации, которой приходится заниматься многими други-

ми вопросами? Появится ли в ближайшее время определенный взгляд на проблему, за которым последует трудное решение?» [20]. Рекомендация Дж. Визнера президенту была очень дипломатичной: «Прежняя администрация не принимала энергичных решений... Поскольку хорошо разработанная программа в области пилотируемых полетов отсутствовала, если не считать проект «Меркурий», то нынешняя администрация пока занимается изучением всего диапазона возможностей, которые определяют будущее» [21].

Вопрос X. Сайди о занятости новой администрации иными (не космическими вопросами) бил в самую точку. Кеннеди досталась от Эйзенхауэра и тщательно разработанная операция высадки на Кубе десанта, а затем и временного правительства, которое должно быть признано Соединенными Штатами и сменить правительство Фиделя Кастро. Свое первое совещание по этому плану Кеннеди провел 28 января 1961 года, и с тех пор кубинская тема как более острая и срочная все время перекрывала ему предложения НАСА. И вот утром 17 апреля секретный план начал осуществляться в заливе Кочинос. Как известно, операция провалилась. 19 апреля к вечеру боевые действия были окончены. 22 апреля президент Кеннеди приказал создать группу, чтобы изучить причины провала. Вместе с тем продолжал рассматриваться и вариант прямого военного вторжения на Кубу. Эти события отодвинули на задний план как лунную тему, так и полет Ю.А. Гагарина.

И тем не менее, 20 апреля 1961 года президент Кеннеди попросил вице-президента Линдона Джонсона подготовить подробный обзор состояния космонавтики в США. В частности, Кеннеди спросил: «Есть ли у нас шанс обойти Советы в запуске космической лаборатории или в облете Луны или в отправке человека на Луну с возвращением его обратно на Землю? Существуют ли какие-либо иные космические проекты, в которых мы могли бы выиграть?» [22]. Президент попросил Л. Джонсона дать ответ как можно раньше и поручил ему курировать НАСА. Л. Джонсон опросил множество специалистов, включая В. фон Брауна. 28 апреля вице-президент смог предварительно доложить Дж. Кеннеди: «Драматические достижения в космосе все чаще рассматриваются как основной показатель мирового лидерства... Если мы сейчас не предпримем серьезных усилий, очень скоро придет время, когда контроль над космосом и через космические достижения над умами людей настолько перейдет в руки русских, что мы будем не в состоянии даже догнать их, не говоря уже о лидерстве... Изучение человеком Луны – не только достижение с огромным пропагандистским потенциалом, но и важно само по себе вне зависимости от того, оказались ли мы первыми или нет. Но мы способны стать первыми» [23]. Лишь общие слова, а президенту нужна была конкретика.

29 апреля Вернер фон Браун написал записку Л. Джонсону, в которой попытался дать ответы на вопросы, поставленные президентом Кеннеди в меморандуме от 20 апреля 1961 года. Записка несколько запоздала: вице-президент уже сделал предварительный доклад президенту. В. фон

Браун оценил существующие советские носители и сделал вывод, что они достаточны для выведения на околоземную орбиту корабля с экипажем (т.е. более одного человека), но не смогут вывести в космос полезную нагрузку для посадки на Луну человека и его возвращения на Землю. Что же касается шансов американцев в космической гонке, он высказался следующим образом:

«а) у нас нет хороших шансов опередить Советы в создании пилотируемой космической лаборатории. Русские могли бы вывести ее на орбиту в этом году, в то время как мы будем в состоянии создать (несколько более тяжелую) лабораторию только после появления надежной ракеты «Сатурн С-1» в 1964 году;

б) мы можем посоревноваться с Советами в осуществлении мягкой посадки радиоуправляемой автоматической станции на Луну. Трудно сказать, присутствует ли такая цель в их программе, но с точки зрения наличия подходящего носителя, они могли бы сделать это в любое время. Мы планируем осуществить аналогичный план с появлением носителя «Атлас-Аджена» в начале 1962 года;

в) мы можем попытаться отправить экипаж из трех человек вокруг Луны и опередить Советы (1965/66). Однако Советский Союз мог бы осуществить лунную экспедицию раньше нас, если пойдет на то, чтобы пренебречь некоторыми функциями безопасности в аварийных ситуациях, и ограничиться лишь одним пилотом. По моей оценке, СССР мог бы решить эту упрощенную задачу в 1962 или 1963 годах;

г) у нас есть прекрасный шанс выиграть у Советов в осуществлении первой высадки экипажа на Луну (включая и возвращение, конечно). Дело в том, что для совершения такого подвига необходим десятикратный скачок мощности носителя по сравнению с существующими ракетами. Хотя сегодня у нас нет необходимой ракеты, но маловероятно, что она есть у Советского Союза. Поэтому не стоит участвовать в гонке с Советами за достижение очевидно промежуточных целей в освоении космоса с безнадежными шансами. Избегав поражения на этом пути, мы могли бы достичь главной цели в 1967/68 годах» [24].

Заметим, что оценка В. фон Брауна была сделана в апреле 1961 года, когда только единственный в мире на то время космонавт побывал в космосе.

Рекомендации В. фон Брауна оказались настолько важными, что Л. Джонсон собрал 3 мая новое совещание. Несмотря на солидный состав участников (а может быть, именно поэтому времени для серьезной проработки вопроса специалистами не было), обсуждение носило характер спешки: президент США поставил задачу и дал слишком краткие сроки. Л. Джонсон торопился. Тем более, что он собрался в инспекционную поездку по Юго-Восточной Азии, и до назначенной даты оставалось всего несколько дней, а космическая деятельность вице-президента особо не интересовала, несмотря на то, что он был назначен ее куратором.

Дж. Уэбб согласился с оценкой В. фон Брауна по срокам возможной высадки на Луну – 1967 или 1968 годы. Значительная часть совещания была посвящена увеличению бюджетных трат на проект. «Хотя больших изменений в расходах не произойдет, в связи со столь долгосрочными обязательствами возникает серьезная проблема: целесообразно ли запрашивать на проект 33 миллиарда долларов уже сейчас?» – выразил свои сомнения Дж. Уэбб [25]. НАСА отнюдь не отказывалось от новых финансовых влияний, но его руководитель опасался, что общая сумма может привести к дискредитации всего плана интенсификации космической деятельности. Сомнения Дж. Уэбба были приняты во внимание, и в Послании президента Кеннеди эта сумма не прозвучала.

Когда речь зашла об СССР, Драйден заметил: «Кто-то должен объяснить нам, как мы вписываемся в общую схему освоения космоса и что мы должны делать, чтобы принять на себя свою часть бремени среди всех, кто несет расходы» [25]. Сенатор Бриджес спросил Дж. Уэбба: «Можете ли вы, на основе разведывательных источников, сравнить вашу программу с достижениями, которые ожидаются в СССР?». – «Они будут оставаться впереди до 1967 или 1968 года», – кратко ответил Уэбб.

Подводя итог совещания, Л. Джонсон сказал: «Как представляется, президенту следует предложить увеличить программу финансирования лунного проекта с 22 миллиардов до 33 миллиардов долларов на десять лет. В этих рамках на 1962 финансовый год надо добавить 509 миллионов долларов. Бюджет Эйзенхауэра предусматривал 2 миллиарда долларов на все космические цели. Сумма, требующаяся Дж. Кеннеди, составляет 2,3 миллиарда плюс дополнительный запрос около 600 миллионов долларов. Итак, космический бюджет на 1962 финансовый год составит около 3 миллиардов долларов. Теперь мы должны быстро получить обоснованную смету расходов» [26].

Для участников этой череды совещаний даже первый в США суборбитальный полет астронавта А. Шепарда 5 мая 1961 года промелькнул практически незаметно. В последующие два выходных дня – субботу и воскресенье (!) – представители НАСА, министерства обороны, бюджетного отдела (бюро) администрации президента и ряд заинтересованных руководителей вновь собрались, чтобы в срочном порядке выполнить поручение вице-президента Л. Джонсона – представить меморандум по космосу. 8 мая документ, называвшийся «Рекомендации по нашей национальной космической программе: изменения, политика, цели» был готов. Приложения к «Рекомендациям» в виде систематизированных и тщательно отработанных таблиц подсказывают, что они были подготовлены сильно заранее – видимо, в феврале-марте, когда только что назначенный администратор НАСА Дж. Уэбб еженедельно встречался с Дж. Кеннеди, настаивая на интенсификации программ НАСА. Следов самого совещания, как при обсуждении 3 мая, в меморандуме нет, а его текст носит характер сопроводительной записки к пакету таблиц с вкраплениями формул пропагандистского характера [27].

Первый раздел содержал бюджетные рекомендации на 1962 финансовый год, сделанные исходя из национальной космической политики, предлагаемой во втором разделе. В нем говорится, что космические проекты могут быть поддержаны по любой из причин: получение научного знания, приобретение ими в будущем коммерческой ценности, военное значение (например, разведка и системы раннего предупреждения о ракетном нападении) и национальный престиж. США, безусловно, не отстают от Советского Союза в первых трех категориях, но СССР лидирует в четвертой. Чтобы выиграть у СССР и по части космического престижа, требовалось придумать программу достаточно сложную, а потому дорогую, но самое главное – что представляло для президента Кеннеди и руководства НАСА своего рода идеологический подвиг – отойти от убеждения во всеильности свободного рынка и вольного гражданского общества и перейти к централизованному планированию и привлечению всех сил и средств, – характерной черте советской системы управления. «Все крупномасштабные проекты требуют мобилизации ресурсов в национальном масштабе, – говорилось в документе. – Они требуют развития и успешного применения наиболее передовых технологий. Они нуждаются в умелом управлении, централизованном контроле и настойчивом стремлении к достижению долгосрочных целей... При этом не предполагается, что мы будем применять управление советского типа, ограничивая личные свободы и свободу выбора» [27].

Основные цели новой космической политики были сформулированы в третьем разделе «Рекомендаций», который открывался задачей пилотируемой лунной миссии, описывавшейся, в основном, со ссылкой на СССР: «Возможно, они начали планировать свои лунные усилия годы назад. Весьма вероятно, они уже предприняли первые важные шаги, которые мы еще не сделали. Можно утверждать, что мы ставим перед собой такую цель «втемную». Мы не можем избежать объявления нашей главной цели, равно как и частных задач, наших успехов и наших неудач на этом пути. Наши карты открыты, их – лежат «рубашкой» вверх. Вопреки всему этому мы рекомендуем принять поставленную цель. Советские намерения и цели неопределенны для нас... Но даже если Советы окажутся первыми, как они уже демонстрировали, и в чем некоторые уверены, для нас лучше оказаться там вторыми, чем не оказаться вообще» [27].

Сделаем небольшое отступление и обратим внимание на разницу двух политических логик (и шире – двух культур): для США – вторыми быть тоже важно; для СССР – быть только первыми. Из этой простой разницы вытекают серьезные следствия.

Представим себе дорогу, по которой едут автомобили, и каждый водитель спешит, старается обгонять других, создает опасные ситуации, заставляющие притормаживать ближайшие машины, иногда случаются и аварии, создающие «пробки». Теперь допустим, что у нас есть две дороги: «Водители на первой дороге поднимаются в собственных глазах и в глазах других

водителей, если уступают друг другу. А водители машин на второй дороге теряют свое лицо, когда уступают. Ясно, что скорость движения на первой дороге будет выше, чем на второй. Попытки большого числа водителей сохранить свое индивидуальное достоинство путем конфликта оказывают существенное влияние на весь макропроцесс. Они порождают турбулентность в потоке машин, которая и вызывает замедление движения. Мы видим, что такой, казалось бы далекий от схем традиционной экономики фактор как стремление сохранить достоинство, может привести к серьезным макроэффектам» [28]. В начале 1980-х годов В.А. Лефевр показал, что существуют культуры двух типов: «В культурах первого типа достоинство людей возрастает, когда они устанавливают отношения компромисса друг с другом, а в культурах второго типа, когда они бескомпромиссны друг к другу» [28]. В.А. Лефевр показал, что официальная культура Советского Союза принадлежит ко второму типу. Не претендуя на обобщения в национальном масштабе, констатируем, что Джон Кеннеди и многие представители его команды, очевидно, принадлежали к культуре первого типа. (Косвенным доказательством этого тезиса можно считать поведение президента США Дж. Кеннеди во время Карибского кризиса. Возможно, и гибель президента глубинно была вызвана неприятием представителя иной культуры во главе государства преимущественно другого типа культуры).

10 мая «Рекомендации» за подписями Джеймса Уэбба и министра обороны Роберта Макнамары доставили Линдону Джонсону. Вице-президент утвердил их без каких-либо поправок и передал президенту Кеннеди, который, в свою очередь, на совещании в Белом доме в тот же день принял предложенные ему рекомендации. В докладе содержался призыв к коренному изменению основного принципа космической политики, установленного президентом Д. Эйзенхауэром и заключающегося в том, что космическая конкуренция с Советским Союзом будет осуществляться только в рамках проектов, имеющих самостоятельные «внутренние достоинства». Точнее, в докладе утверждалось, что «крупные успехи, такие как выведение на орбиту капсулы с человеком, что только что осуществил СССР, поднимают национальный престиж, даже если научная, коммерческая или военная ценность полета может оказаться экономически неоправданной. Нация должна принять решение об осуществлении космических проектов с целью повышения национального авторитета. Наши достижения являются важной частью соревнования между советской системой и нашей, поэтому даже не дающие большого вклада в науку, некоммерческие, невоенные наши «гражданские» программы, такие, как лунный проект и планетные исследования, в этом смысле являются частью битвы на фронте холодной войны» [27].

16 мая Дж. Визнер передал президенту аналитическую записку о возможности сотрудничества с Советским Союзом в космосе. В документе предлагалось прозондировать на правительственном уровне отношение Кремля к идее космического сотрудничества. Предполагалось, что СССР будет за-

интересован в координации простых проектов, но «мы не должны исключать из нашего списка предложений возможность сотрудничества и в более амбициозных проектах, связанных с пилотируемым освоением Луны и исследованием планет» [17]. Кеннеди сразу же попросил государственного секретаря Дина Раска переговорить с министром иностранных дел СССР А.А. Громыко. Ответ А.А. Громыко, полученный 20 мая, гласил, что без прогресса в области разоружения такое сотрудничество немыслимо. Тогда Дж. Кеннеди через своего брата, министра юстиции Роберта Кеннеди, установившего дружеские отношения с сотрудником ГРУ Г.Н. Большаковым, работавшим под прикрытием атташе по культуре посольства СССР, воспользовался этим неофициальным каналом. 21 мая Роберт Кеннеди встретился с Г.Н. Большаковым [17]. В течение трех дней ответа не было.

Кеннеди провозглашает цель

Президент Кеннеди провозгласил лунную программу как цель нации на совместном заседании двух палат Конгресса США 25 мая 1961 года (с момента зарождения ее идеи в НАСА прошло ровно два года). Лунная программа была лишь частью Послания, которая, в основном, была посвящена миссии США как лидера в отстаивании свободы по всему миру: Азия, Латинская Америка, Африка и Средний Восток. «Я здесь нахожусь, чтобы выдвинуть доктрину свободы», – сказал Дж. Кеннеди. Раздел «Космос» Послания был девятым по очередности, и к нему президент подошел через тезис о том, что противники свободы «обладают мощными межконтинентальными ударными силами». Вот как лунная программа была увязана со свободой:

«Наконец, если мы намерены выиграть битву за умы людей, которая сейчас идет во всем мире между свободой и тиранией, то для нас должно быть совершенно ясно, что драматические достижения в космосе, которые случились в последние недели, как и запуск спутника в 1957 году, оказывают серьезное влияние на человечество, став для него новым рубежом... С самого начала моего президентского срока наши усилия в космосе стали предметом внимательного рассмотрения. Вместе с вице-президентом, который является председателем Национального совета по космосу, мы изучили, где наши позиции в космосе сильны, а где нет, где мы можем добиться успеха, а где мы не можем этого сделать. Сейчас наступила пора делать большие шаги – время для Америки начать новое великое предприятие – время для нашей нации взять на себя роль явного лидера в космических достижениях, которые, во многом, могут стать ключом к нашему будущему на Земле.

Я верю, что мы обладаем для этого всеми необходимыми ресурсами и талантами. Но дело в том, что мы никогда не принимали соответствующих государственных решений на уровне всего народа, чтобы распорядиться своими национальными ресурсами, которые требуются для такого ли-

дерства. Мы никогда не ставили перед собой долгосрочных целей, для достижения которых необходим чрезвычайный график, и не управляли нашими ресурсами и нашим временем так, чтобы гарантировать их выполнение.

Признавая первенство, завоеванное Советами в космосе, благодаря их ракетам с мощными двигателями, что дает им многие месяцы лидерства, и понимая, что они, вероятно, будут использовать это лидерство еще некоторое время, чтобы добиться более впечатляющих успехов, мы, тем не менее, обязаны предпринять новые усилия. В то время как мы не в состоянии гарантировать, что однажды вдруг станем первыми, мы можем обещать, что любая неудача в осуществлении наших усилий не сделает нас последними. Мы принимаем на себя дополнительный риск, на виду у всего мира, но как показал подвиг астронавта Шепарда, этот особый риск повышает наш престиж, когда мы достигаем успеха. Это не просто гонка. Космос сейчас открыт для нас, и наше стремление уяснить его смысл не диктуется тем, что делают другие. Мы идем в космос, потому что это функция человечества, и люди свободного мира должны в полной мере соответствовать ей.

Поэтому я запрашиваю у Конгресса дополнительно и сверх увеличения финансирования, заявленного мною ранее на космическую деятельность, средства, необходимые для осуществления следующих национальных целей:

Во-первых, я полагаю, что наша страна должна принять на себя рискованное обязательство достичь следующей цели – до того, как истечет нынешнее десятилетие, доставить человека на Луну и безопасно вернуть его на Землю. Ни один космический проект нашего времени не будет более захватывающим или впечатляющим для человечества, поскольку он дает ответ на вопрос, является ли мир свободным, не будет на длительную перспективу более важным проектом в космических исследованиях, и ни один не окажется столь трудным и дорогостоящим. (Включая необходимые предварительные исследования, для достижения названной цели потребуются дополнительно 531 миллион долларов в нынешнем году и куда большие суммы в будущем). Мы предлагаем ускорить разработку предназначенного для этого лунного космического корабля. Мы предлагаем разработать различного типа жидкостные и твердотопливные носители, много мощнее, чем любой из разработанных к настоящему времени, вплоть до сверхмощных. Мы предлагаем выделить дополнительные средства для разработки других типов ракетных двигателей и для беспилотных исследований – исследований, особенно важных для главной цели, которую наша страна не должна проглядеть – обеспечение безопасности человека, который первым совершит этот дерзкий полет. Но в самом высоком смысле слова к Луне полетит не один человек – это будет весь наш народ. Все мы должны работать так, чтобы доставить его туда» [29].

Второй, третий и четвертый пункты космического раздела Послания касались ракеты «Ровер» с ядерным двигателем, спутников связи и глобаль-

ной спутниковой системы наблюдения за погодой. Завершалась космическая тема в Послании так:

«Я ясным образом прошу Конгресс и страну принять твердое обязательство и новый курс действий – курс, который продлится много лет и потребует тяжелейших расходов: 531 миллион долларов в этом году и, по оценкам, от семи до девяти миллиардов долларов дополнительно в следующие пять лет. Если бы мы допустили, что пройдем только половину пути или снизим наши притязания перед лицом трудностей, то было бы лучше и не начинать его. Это – выбор, и в конечном счете, вы и все американцы должны принять для себя решение.

Хочу подчеркнуть, что сами по себе деньги не справятся с задачей. Наше решение требует масштабного общенационального участия научных и технических лидеров, материальных и производственных ресурсов и их отвлечения от других важных отраслей, где их пока не хватает. Это означает новую степень участия, организации и дисциплины, которые не всегда были характерны для наших научных исследований и разработок. Это означает, что мы не можем позволить себе неоправданных остановок работ, раздутых затрат на материалы и таланты, расточительной конкуренции между агентствами или высокой текучести кадров среди ключевого персонала.

Новые цели и дополнительные деньги не могут решить эти проблемы. Они могут, фактически, даже усугубить их в дальнейшем, пока каждый ученый, каждый инженер, каждый военный, каждый техник, подрядчик и гражданский служащий не примет на себя персональное обязательство работать так, чтобы его страна двигалась вперед на полной скорости, которую дает свобода, в захватывающее путешествие в космос» [29].

Его речь предварительно многократно редактировалась, причем в одной из редакций предлагалось назначить первую высадку на Луну на 1967 год, когда Советский Союз будет отмечать 50-ю годовщину Октябрьской революции. Это говорит о том, что американские политики в какой-то мере попали под влияние советской системы пропаганды. Однако советники президента убедили его зарезервировать некоторый запас времени на случай неожиданных задержек, что неминуемо в столь сложных проектах, и поэтому президент дал довольно обтекаемую формулировку: «до того, как истечет нынешнее десятилетие». Он обращался к Конгрессу, но в большей степени – к нации, предложив именно нации взять на себя ведущую роль в космических достижениях.

Конгресс быстро откликнулся на призыв президента и разрешил увеличить бюджет НАСА более чем на полмиллиарда долларов (немного для достижения Луны) в текущем году, дав тем самым мощный импульс политике первенства США в космосе. Программа НАСА по высадке человека на Луну (проект «Аполлон») стала символом космического лидерства и оказывала влияние на эволюцию космической программы США в последующие десятилетия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Верн Ж. Собр. соч. в двенадцати томах. Том первый. – М.: Государственное издательство художественной литературы, 1954. С. 683.
- [2] Циолковский К.Э. Вне Земли. – М.: ООО «Луч», 2008. С. 341.
- [3] Батурин Ю.М., Доброчеев О.В. Периодическая таблица критических событий космонавтики. – В кн.: Космонавтика XXI века: попытка прогноза развития до 2101 года // под. ред. академика Б.Е. Чертока. – М.: «РТСофт», 2011. С. 681–688.
- [4] Циолковский К.Э. На Луне. Сборник научно-фантастических работ. – Курск: ООО «Планета», 2017.
- [5] Ross H.E. The B.I.S. Space-ship. *Journal of the British Interplanetary Society*, 1939, Jan., No 5. pp. 4–9.
- [6] Brawn von, W. Man on the Moon: The Journey. – In: *Exploring the Unknown. Selected Documents in the History of the U.S. Civil Space Program. Vol.I: Organizing for Exploration.* – John M. Logsdon, Editor with Linda J. Lear, Jannelle Warren-Findley, Ray A. Williamson, and Dwayne A. Day. – Washington D.C., NASA History Office, 1995 (далее ExUn-I). pp. 189–194.
- [7] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : *Exploring the Unknown. Selected Documents in the History of the U.S. Civil Space Program. Vol.VII: Human Spaceflights: Projects Mercury, Gemini, and Apollo.* – John M. Logsdon, Editor with Roger D. Launius. – Washington D.C., NASA History Office, 1996 (далее ExUn-VII). p. 388.
- [8] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 377.
- [9] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : ExUn-VII. p. 389.
- [10] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : ExUn-VII. p. 412.
- [11] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 378.
- [12] Neustadt R.E. Problems of Space Programs. – In : ExUn-I. p. 414.
- [13] Report to the President-Elect of the Ad Hoc Committee on Space. - In : ExUn-I. p. 422.
- [14] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 379.
- [15] Инаугурационные речи президентов США от Джорджа Вашингтона до Джорджа Буша (1789–2001 годы) с историческим комментарием. М.: Издательский дом «Стратегия», 2001. С. 431.
- [16] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : ExUn-VII. p. 392.
- [17] Караш Ю. Тайны лунной гонки. СССР и США: сотрудничество в космосе. – М., ОЛМА-ПРЕСС Инвест, 2005. С. 128–129.
- [18] Draft Proposals for US-USSR Space Cooperation. April 4, 1961. – In: *Exploring the Unknown. Selected Documents in the History of the U.S. Civil Space Program. Vol. II: External Relationships.* – John M. Logsdon, Editor with Dwayne A. Day and Roger D. Launius. – Washington D.C., NASA History Office, 1996 (далее ExUn-II). p. 146.
- [19] Sidey H. Kennedy. President. – N.-Y., Scribner. pp. 121–123.
- [20] Sidey H. Questions for the President on Space. – In : ExUn-VII. p. 476.
- [21] Wiesner J.B. Memorandum for the President/ April 14, 1961. – In : ExUn-VII. p. 476.
- [22] Kennedy J.F. Memorandum for Vice President. April 20, 1961. – In : ExUn-I. p. 424.
- [23] Jonson L.B., Vice President. Memorandum for the President «Evaluation of Space Program». April 28, 1961. – In : ExUn-I. pp. 427–429.
- [24] Wernher for Braun to the Vice President of the United States. April 29, 1961. – In : ExUn-I. pp. 430–431.
- [25] Vice President Ad Hoc Meeting. May 3, 1961. – In : ExUn-I. p. 435.

- [26] Vice President Ad Hoc Meeting. May 3, 1961. – In : ExUn-I. p. 437.
- [27] Webb J.E., NASA Administrator, McNamara, Secretary of Defence, to Vice President. May 8, 1961. “Recommendations for Our National Space Program : Changes, Policies, Goals”. – In : ExUn-I. pp. 440–452.
- [28] Лефевр В.А. Рефлексивное управление, моделирование и мораль. – В кн.: Лефевр В.А. Рефлексия. – М.: «Когито-Центр», 2003. С. 455.
- [29] Kennedy J.F. “Urgent National Needs”. Speech to a Joint Session of Congress, May, 1961. – In : ExUn-I. pp. 453–454.
- [30] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 380.

REFERENCES

- [1] Verne J. Collected works in twelve volumes. Vol. I. – М.: State Publishing House of Fiction, 1954, p. 683.
- [2] Tsiolkovsky K.E. Outside the Earth.– М.: Luch Publishing House, 2008. p. 341.
- [3] Baturin Yu.M., Dobrocheev O.V. Periodical Table of Critical Events in Cosmonautics. – In.: The Space Agenda of the 21st Century: Attempt of a Forecast of Development till 2101. // Ed. academician B.E.Chertock. – М.: “RTSoft”, 2011. pp. 681–688.
- [4] Tsiolkovsky K.E. On the Moon. Collection on Science Fiction. – Kursk: “Planet”, 2017.
- [5] Ross H.E. The B.I.S. Space-ship. Journal of the British Interplanetary Society, 1939, Jan., No 5. pp. 4–9.
- [6] Brawn von, W. Man on the Moon: The Journey. – In: Exploring the Unknown. Selected Documents in the History of the U.S. Civil Space Program. Vol.I: Organizing for Exploration. – John M. Logsdon, Editor with Linda J. Lear, Jannelle Warren-Findley, Ray A. Williamson, and Dwayne A. Day. – Washington D.C., NASA History Office, 1995 (the following is referred to as ExUn-I). pp. 189–194.
- [7] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : Exploring the Unknown. Selected Documents in the History of the U.S. Civil Space Program. Vol.VII: Human Spaceflights: Projects Mercury, Gemini, and Apollo. – John M. Logsdon, Editor with Roger D. Launius. – Washington D.C., NASA History Office, 1996 (the following is referred to as ExUn-VII). p. 388.
- [8] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 377.
- [9] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : ExUn-VII. p. 389.
- [10] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : ExUn-VII. p. 412.
- [11] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 378.
- [12] Neustadt R.E. Problems of Space Programs. – In : ExUn-I. p. 414.
- [13] Report to the President-Elect of the Ad Hoc Committee on Space. – In : ExUn-I. p. 422.
- [14] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 379.
- [15] Inaugural Speeches of U.S. Presidents from George Washington to George W. Bush (1789–2001) with Historical Commentary. М.: Strategy Publishing House, 2001. p. 431.
- [16] Logsdon J.M. Project Apollo: Americans to the Moon. – In : ExUn-VII. p. 392.
- [17] Karash Yu. Secrets of the Moon Race. USSR and USA: Cooperation in Space. – М.: OLMA-PRESS Invest, 2005. pp. 128–129.
- [18] Draft Proposals for US-USSR Space Cooperation. April 4, 1961. – In: Exploring the Unknown. Selected Documents in the History of the U.S. Civil Space Program. Vol. II: External Relationships. – John M. Logsdon, Editor with Dwayne A. Day and Roger D. Launius. – Washington D.C., NASA History Office, 1996 (the following is referred to as ExUn-II). p. 146.

- [19] Sidey H. Kennedy. President. – N.-Y., Scribner. pp. 121–123.
- [20] Sidey H. Questions for the President on Space. – In : ExUn-VII. p. 476.
- [21] Wiesner J.B. Memorandum for the President/ April 14, 1961. – In : ExUn-VII. p. 476.
- [22] Kennedy J.F. Memorandum for Vice President. April 20, 1961. – In : ExUn-I. p. 424.
- [23] Jonson L.B., Vice President. Memorandum for the President “Evaluation of Space Program”. April 28, 1961. – In : ExUn-I. pp. 427–429.
- [24] Wernher for Braun to the Vice President of the United States. April 29, 1961. – In : ExUn-I. pp. 430–431.
- [25] Vice President Ad Hoc Meeting. May 3, 1961. – In : ExUn-I. p. 435.
- [26] Vice President Ad Hoc Meeting. May 3, 1961. – In : ExUn-I. p. 437.
- [27] Webb J.E., NASA Administrator, McNamara, Secretary of Defence, to Vice President. May 8, 1961. “Recommendations for Our National Space Program : Changes, Policies, Goals”. – In: ExUn-I. pp. 440–452.
- [28] Lefebvre V.A. Reflexive Control, Modeling and Morality. – In: Lefebvre V.A. Reflexion. – M.: “Kogito-Centre”, 2003. p. 455.
- [29] Kennedy J.F. “Urgent National Needs”. Speech to a Joint Session of Congress, May, 1961. – In : ExUn-I. pp. 453–454.
- [30] Logsdon J.M. The Evolution of U.S. Space Policy and Plans. – In: ExUn-I. p. 380.