

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4(29)/2018

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Крючков Б.И.,
докт. техн. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНАЯ ГРУППА:

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

MANNED SPACEFLIGHT
SCIENTIFIC JOURNAL No 4(29)/2018

CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD

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

EDITOR IN CHIEF

Kryuchkov B.I.,
Doctor of Technical Sciences

EDITORIAL BOARD:

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

EDITORIAL-EXPERT GROUP:

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

СОДЕРЖАНИЕ

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС	5
Основные задачи подготовки и результаты деятельности экипажа МКС-54/55 при выполнении программы космического полета. <i>А.Н. Шкаплеров, А.А. Курицын, А.И. Кондрат, В.А. Копнин, Д.Е. Рыбкин, Е.И. Корзун</i>	5
Медицинские аспекты обеспечения безопасности полета экипажа МКС-54/55 (экспресс-анализ). <i>В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова, Е.Г. Хорошева, В.В. Криволапов</i>	18
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС	34
Особенности реализации обработки, отображения и регистрации мультимедийных данных для тренажерных комплексов ЦПК. <i>Б.С. Долговесов, М.А. Городилов, М.Ю. Шадрин, В.И. Брагин</i>	34
Управление мобильным роботом космического назначения с применением виртуальной реальности. <i>А.В. Сергеев, М.Ю. Гук</i>	44
К вопросу о компоновке бортовой космической оранжереи для пилотируемых космических кораблей. <i>Ю.А. Беркович, С.О. Смолянина, А.Г. Железняков, А.С. Гузенберг</i>	53
Съемка поверхности Земли с борта пилотируемых космических аппаратов (1961–1964): от кинокамеры к фотоаппарату. <i>Д.Ю. Щербинин</i>	67
ОБЗОРЫ	77
Многомодальные интерфейсы для сервисных роботов (аналитический обзор). <i>И.А. Кагиров, А.А. Карпов</i>	77
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ	99
У истоков российского космического законодательства. <i>С.А. Жуков, И.М. Моисеев</i>	99
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ	119
Итоги открытого конкурсного отбора космонавтов 2017–2018 гг. <i>Ю.И. Маленченко, А.А. Курицын, Е.В. Андреев</i>	119

CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS.....	5
Main Tasks of Training and Results of Activity of the ISS Crew for Expedition 54/55 When Carrying out the Mission Plan. <i>A.N. Shkaplerov, A.A. Kuritsyn, A.I. Kondrat, V.A. Kopnin, D.E. Rybkin, E.I. Korzun</i>	5
Medical Aspects of Securing the Flight of the ISS Crew for Expedition 54/55 (Express Analysis). <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov</i>	18
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS	34
The Features of Implementation of Processing, Displaying and Recording Multimedia Data for the Simulator Complexes at the CTC. <i>B.S. Dolgovesov, M.A. Gorodilov, M.Yu. Shadrin, V.I. Bragin</i>	34
Mobile Space Robot Control with Use of Virtual Reality. <i>A.V. Sergeev, M.Yu. Gook</i>	44
Revisited the Configuration of Space Greenhouse for Manned Space Vehicles. <i>Yu.A. Berkovich, S.O. Smolyanina, A.G. Zheleznyakov, A.S. Guzenberg</i>	53
Photographing the Earth's Surface From the Board of Manned Space Vehicles (1961–1964): From a Movie Camera to a Still Camera. <i>D.Yu. Shcherbinin</i>	67
OVERVIEWS	77
An Analytical Overview of Multimodal Interfaces for Service Robots. <i>I.A. Kagiroy, A.A. Karpov</i>	77
HISTORY. EVENTS. PEOPLE	99
At the Origins of Russian Space Legislation. <i>S.A. Zhukov, I.M. Moiseyev</i>	99
SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION	119
Results of the Open Competitive Cosmonaut Selection of 2017–2018. <i>Yu.I. Malenchenko, A.A. Kuritsyn, E.V. Andreev</i>	119

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-54/55 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

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

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ А.Н. Шкаплеров;
докт. техн. наук, доцент А.А. Курицын; А.И. Кондрат; В.А. Копнин;
Д.Е. Рыбкин; Е.И. Корзун (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-54/55 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС-07» и Международной космической станции (МКС). Дан обзор задач, решаемых при выполнении ВКД.

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

Main Tasks of Training and Results of Activity of the ISS Crew for Expedition 54/55 When Carrying out the Mission Plan.

**A.N. Shkaplerov, A.A. Kuritsyn, A.I. Kondrat, V.A. Kopnin,
D.E. Rybkin, E.I. Korzun**

The paper considers results of the ISS-54/55 crew activity aboard the Soyuz-MS-07 spacecraft and the ISS. The tasks solved when performing extravehicular activity are reviewed.

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

Состав экипажа

Основной экипаж длительной экспедиции МКС-54/55 (рис. 1) в составе:

Шкаплеров Антон Николаевич	командир ТПК «Союз МС-07», бортинженер МКС-54, командир экспедиции МКС-55 (Роскосмос, Россия)
----------------------------	--

Тингл Скотт Дэвид бортинженер-1 ТПК «Союз МС-07»,
 бортинженер МКС-54/55 (НАСА, США)
Канаи Норишиге бортинженер-2 ТПК «Союз МС-07»,
 бортинженер МКС-54/55 (ДжАКСА, Япония)

выполнил космический полет длительностью 168 суток с 17 декабря 2017 года по 3 июня 2018 года. Позывной экипажа ТПК «Союз МС-07» – «Астрей».



Рис. 1. Экипаж ТПК «Союз МС-07»

Опыт полетов членов экипажа

Шкаплеров Антон Николаевич в отряде космонавтов с октября 2003 года. До назначения в экипаж совершил 2 космических полета. 1-й космический полет А.Н. Шкаплеров совершил с 14 ноября 2011 года по 27 апреля 2012 года в качестве командира ТПК «Союз ТМА-22» и бортинженера МКС-29/30. В ходе полета выполнил выход в открытый космос длительностью 6 часов 15 минут. Продолжительность полета составила 165 суток. 2-й космический полет совершил с 24 ноября 2014 года по 11 июня 2015 года в качестве командира ТПК «Союз ТМА-15М» и бортинженера МКС-42/43. Продолжительность полета составила 199 суток.

Тингл Скотт – с июня 2009 года астронавт НАСА. Опыта космических полетов не имел.

Канаи Норишиге – в сентябре 2009 года был зачислен в отряд астронавтов ДжАКСА. Опыта космических полетов не имел.

Основные итоги полета

Старт ТПК «Союз МС-07» состоялся 17 июля 2017 года с космодрома Байконур (рис. 2).



Рис. 2. Экипаж ТПК «Союз МС-07» перед стартом

Программа полета экипажа МКС-54/55 предусматривала выполнение следующих работ:

- доставка экипажа экспедиции МКС-54/55 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 19 декабря 2017 года ТПК «Союз МС-07» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ1 ($T_{М.З.} = 11:39:03$ ДМВ). Сближение и стыковка транспортного пилотируемого корабля выполнялись по двухсуточной схеме;

- расстыковка ТК «Прогресс МС-06» от АО СМ проведена 27 декабря 2017 года ($T_{ФАКТИЧЕСКОЙ РАССТЫКОВКИ} = 04:03$ ДМВ);

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

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

- расстыковка американского грузового корабля SpaceX-13 «Dragon» от манипулятора SSRMS АС МКС в 12:58 ДМВ. Тормозной импульс для штатного схода с орбиты ($T = 17:44$ ДМВ), приводнение корабля ($T \sim 18:37$ ДМВ) в расчетной точке Тихого океана осуществлены 13 января 2018 года;

- выход в космос ВКД-44 выполнен 2 февраля 2018 года из стыковочного отсека СО1, продолжительность выхода – 8 часов 12 минут. Выход осуществили космонавты А. Мисуркин и А. Шкаплеров;
- стыковка ТПК «Прогресс МС-08» к АО СМ проведена 15 февраля 2018 года ($T_{М.З.} = 13:38$ ДМВ). Сближение грузового корабля проводилось по двухсуточной схеме;
- расстыковка ТПК «Союз МС-06» от стыковочного узла модуля МИМ2 выполнена 28 февраля 2018 года в 02:08:38 ДМВ, время посадки СА – 05:31 ДМВ;
- стыковка ТПК «Союз МС-08» к стыковочному узлу МИМ2 осуществлена 23 марта 2018 года ($T_{М.З.} = 22:40$ ДМВ). Сближение и стыковка транспортно-пилотируемого корабля выполнялись по двухсуточной схеме;
- расстыковка ТПК «Прогресс МС-07» от СО1 проведена 28 марта 2018 года ($T_{ФАКТИЧЕСКОЙ РАССТЫКОВКИ} = 16:50$ ДМВ);
- сближение американского грузового корабля SpaceX-14 «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS ($T = 13:40$ ДМВ), перемещение и установка корабля на надирном порту модуля Node2 АС МКС, затяжка болтов ($T = 16:55$ ДМВ) выполнены 4 апреля 2018 года;
- расстыковка американского грузового корабля SpaceX-14 «Dragon» от манипулятора SSRMS АС МКС в 16:23 ДМВ. Тормозной импульс для штатного схода с орбиты ($T = 21:06:26$ ДМВ), приводнение корабля ($T \sim 22:00$ ДМВ) в расчетной точке Тихого океана осуществлены 5 мая 2018 года;
- сближение американского грузового корабля «Cygnus OA-9» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS ($T = 12:26$ ДМВ), перемещение и установка корабля на надирном порту модуля Node1 ($T_{ОКОНЧАНИЯ ЗАТЯЖКИ БОЛТОВ} = 15:10$ ДМВ) проведены 24 мая 2018 года;
- расстыковка ТПК «Союз МС-07» от стыковочного узла МИМ1 выполнена 3 июня 2018 года в 12:16:37 ДМВ, время посадки СА – 15:39:15 ДМВ.

Основные задачи подготовки экипажа к полету

Подготовка к полету членов экипажа МКС-54/55 проводилась с 16 октября 2016 года. Программа подготовки была разработана с учетом задач полета, уровня подготовленности и функциональных обязанностей членов экипажа.

Основными задачами подготовки по РС МКС и ТПК «Союз МС-07» являлись:

- формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз МС-07»;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при управлении бортовыми системами и агрегатами ТПК на всех этапах полета (в штатных и нештатных ситуациях);
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении сближения, причаливания, стыковки и перестыковки ТПК «Союз МС-07» на все стыковочные узлы РС МКС;

- отработка навыков выполнения ручного управляемого спуска (РУС);
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-АК;
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-ДК;
- построение солнечной ориентации и закрутки ТПК в режимах РО-АК и РО-ДК;
- отработка действий членов экипажа в аварийных ситуациях: пожар, разгерметизация, токсичность атмосферы;
- отработка действий по выполнению срочного спуска с орбиты в случае покидания МКС;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении расстыковки ТПК с неориентированной и нестабилизированной МКС;
- отработка навыков по выполнению причаливания, стыковки и расстыковки ТПК «Прогресс МС» на стыковочные узлы РС МКС в режиме ТОРУ;
- контроль автоматического сближения и стыковки ТПК «Прогресс МС» с МКС;
- подготовка экипажа к приему, передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-53/54, МКС-55/56;
- выполнение операций по консервации и расконсервации ТПК, операциям по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- эксплуатация бортовых систем РС МКС (модули ФГБ, СМ, СО1, МИМ1, МИМ2);
- выполнение технического обслуживания, ремонта и дооснащения систем РС МКС;
- ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладке снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемых кораблях;
- выполнение программы научно-прикладных исследований на российском сегменте МКС, в том числе к выполнению медико-биологических исследований и экспериментов;
- подготовка по задачам внекорабельной деятельности в объеме типовых операций и по программе ВКД-44;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа в случае нештатной посадки в различных климатогеографических зонах;
- подготовка к адаптации к факторам космического полета, отработка навыков оказания само- и взаимопомощи и эксплуатации бортовых медицинских средств.

Результаты экзаменов и экзаменационных комплексных тренировок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Вид экзамена	А. Шкаплеров	С. Тингл	Н. Канаи
ЭКТ по ТПК «Союз МС»	4,0		
ЭКТ по РС МКС	5,0		
По ручному сближению ТПК «Союз МС»	5,0		–
По ручному причаливанию и перестыковке ТПК «Союз МС»	5,0	–	–
По ТОРУ ТК «Прогресс МС»	5,0	–	–
По РУС ТПК «Союз МС»	4,3	4,9	–

Полет на борту транспортного пилотируемого корабля «Союз МС-07»

Старт ТПК «Союз МС-07» состоялся 17 декабря 2017 года с космодрома Байконур (Казахстан). Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно. В процессе предстартовой подготовки, выведения и маневров замечаний к работе бортовых систем не выявлено.

Сближение ТПК «Союз МС-07» осуществлялось по двухсуточной схеме. Двухимпульсный маневр № 1 дальнего сближения с МКС проводился на 3-м витке. Корректирующий одноимпульсный маневр № 2 был выполнен на 18-м витке. На 30-м витке началось автономное сближение с МКС. Сближение, облет, причаливание и стыковка к модулю МИМ1 выполнены в штатном режиме.

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля, контроль герметичности стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открытие переходных люков. На 37-м витке экипаж выполнил консервацию ТПК «Союз МС-07».

После завершения программы полета на борту МКС началась подготовка экипажа к возвращению на Землю. На 11-м суточном витке экипаж выполнил расконсервацию ТПК «Союз МС-07». Переход на автономное питание выполнен по указанию с Земли экипажем с ПК в 08:40:00 ДМВ. На 12-м суточном витке в 09:05:00 ДМВ экипаж по указанию с Земли выполнил закрытие переходных люков.

Расстыковка выполнена 3 июня 2018 года на 14-м суточном витке в автоматическом режиме в дежурной ориентации МКС. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа выдана экипажем в 12:15:00 ДМВ, время фактической расстыковки – 12:16:40 ДМВ.

Спуск выполнялся по штатной программе. Посадка – на 1-м суточном витке. Время включения СКД для выдачи тормозного импульса – 14:47:25 ДМВ. Двигатель работал штатно, отработал тормозной импульс 128,1 м/с без замечаний. Разделение отсеков прошло в 15:14:40 ДМВ. Расчетное время входа СА в атмосферу – 15:18:57 ДМВ. Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС.

Внеатмосферный промах составил +3 секунды. Максимальная перегрузка составила 4,03 единицы. Посадка произошла в 15:39:15 ДМВ в расчетной точке с координатами 47°20'08" с.ш., 69°38'08" в.д. вблизи г. Жезказгана. Двигатели мягкой посадки сработали штатно. В 15:43 объект взят под охрану, спускаемый аппарат находился вертикально, самочувствие экипажа хорошее.

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-54/55 работал на борту МКС 166 суток с 19 декабря 2017 года по 3 июня 2018 года. Экипаж на российском сегменте МКС выполнил обширный объем работ по техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем МКС, программу научных исследований и экспериментов, провел ремонтно-восстановительные работы, большое количество телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок.

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

- регламентные работы с ноутбуком ЦП в СМ, тестирование управляющего ноутбука RS1;
- ресурсная замена комплекта сменных магистралей откачки конденсата (СМОК) СОТР СМ;
- замена в ФГБ трех огнетушителей с истекшим сроком годности на новые;
- регламентные работы с файловым сервером FS1 и БРИ в СМ;
- диагностика блока сборных шин (БСШ-2) и блока фильтров (БФ-2) системы СЭС ФГБ;
- мониторинг состояния поверхности элементов корпуса СМ с использованием прибора МВП-2К;
- перекачка воды из баков БВ1, БВ2 системы «Родник» ТК «Прогресс МС-08» в ЕДВ;
- проведение тестовых проверок функционирования визуальных оптических приборов СУДН: ВП-2, ПУМВ, ВШТВ;
- тестовые проверки СКВ1 и СКВ2 с использованием кабеля-вставки.

Выполнены основные ремонтно-восстановительные работы и дооснащение РС МКС:

- замена полотна бегущей дорожки БД-2;
- РВР бортового запоминающего устройства (БЗУ) РСПИ;
- замена насоса Н1 гидроконтра ГК1 МИМ1 на новый из ЗИПа;
- замена БРП-М в СРВ-К2М;
- замена локального коммутатора тока (ЛКТ4А2) системы БИТС2-12;
- замена медицинского комплекса «Гамма-1М» на комплекс «КМА-01» и телеметрический адаптер «КМА-ТМ»;
- установка на файловый сервер FS1 новой версии ПО (v1.2.0);

- установка дополнительных вентиляторов для улучшения температурного режима блоков 800А СЭП СМ;
- перевод КЦП1, КЦП2, лэптопов RS1, RS2, RS3 и REMOTE на новую версию 08.10.ПО БВС СМ.

В процессе работ по связям с общественностью проводились различные ТВ-приветствия и поздравления. Выполнялись видеосъемки жизни на станции экспедиций МКС-54 и МКС-55 на борту РС МКС для сайта Роскосмоса и социальных сетей. Выполнены работы по программе символической деятельности.

Совместный полет с другими экипажами МКС

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-53/54, МКС-55/56.

С 19 декабря 2017 года по 28 февраля 2018 года – совместный полет с экипажем МКС-53/54 в составе:

- Мисуркин Александр Александрович (бортинженер экспедиции МКС-53, командир экспедиции МКС-54, Роскосмос, Россия);
- Ванде Хай Марк (бортинженер МКС-53/54, НАСА, США);
- Акаба Джозеф (бортинженер МКС-53/54, НАСА, США).

С 23 марта 2018 года по 3 июня 2018 года – совместный полет с экипажем МКС-55/56 (рис. 3) в составе:

- Артемьев Олег Германович (бортинженер МКС-55/56, Роскосмос, Россия);
- Фойстел Эндрю (бортинженер МКС-55, командир экспедиции МКС-56, НАСА, США);
- Арнольд Ричард (бортинженер МКС-55/56, НАСА, США).



Рис. 3. Совместный полет с экипажем МКС-55/56

Внекорабельная деятельность

2 февраля 2018 года был выполнен выход в открытый космос ВКД-44 из шлюзового отсека СО1 «Пирс» в скафандрах «Орлан-МКС» и «Орлан-МК». Выход совершили космонавты А. Мисуркин и А. Шкаплеров из состава экспедиции МКС-54 (рис. 4).

Время открытия выходного люка стыковочного отсека (СО1) «Пирс» – 18:34 ДМВ, закрытия – 02:46 ДМВ. Продолжительность выхода составила 8 ч 12 мин.

Целевые задачи выхода:

- замена прибора ШАЗ17АП в антенном приборном блоке ОНА на приемный модуль (ПрМ) широкополосной системы связи (ШСС);
- установка кронштейна с соединителями на поручне СО1 на экспонирование;
- фотографирование СКК № 9 (при наличии времени);
- демонтаж двух устройств экспонирования КЭ «Тест» с СО1 (при наличии времени);
- демонтаж платформы установочной КЭ «Биориск» с СО1 (при наличии времени);
- изменение положения якоря на выходном устройстве СО1 (при наличии времени).

Особенности выхода:

– в ходе перевода остронаправленной антенны (ОНА) в положение «1» возникла нерасчетная нештатная ситуация: «зацепление ОНА за элементы конструкции АО СМ при перемещении из транспортного положения в положение «1»;

– расчетное время ВКД-44 (6 ч 45 мин) было превышено и составило 8 ч 12 мин из-за возникновения нерасчетной нештатной ситуации при переводе ОНА из транспортного положения в положение «1».

Выход в открытый космос ВКД-44 стал самым продолжительным по времени и составил 8 часов 12 минут. За время ВКД-44 космонавты выполнили запланированные работы и ряд дополнительных задач с оборудованием на внешней поверхности станции. Выполненные работы по одной из целевых задач по установке приемного модуля широкополосной системы связи позволят в будущем обеспечить почти круглосуточную двустороннюю передачу информации с РС МКС на наземные пункты слежения через спутники российской многофункциональной ретрансляционной системы «Луч».

По программе АС МКС за время полета экспедиции МКС-54/55 было выполнено четыре выхода в открытый космос.

Первый выход ВКД-47 осуществлен 23 января 2018 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Марк Ванде Хай (бортинженер МКС-53/54) и Скотт Тингл (бортинженер МКС-54/55).

Время открытия выходного люка – 14:46 ДМВ, закрытия – 22:09 ДМВ. Продолжительность выхода – 7 ч 23 мин.

Второй выход ВКД-48 проведен 16 февраля 2018 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Марк Ванде Хай (бортинженер МКС-53/54) и Норишиге Канаи (бортинженер МКС-54/55). Время открытия выходного люка – 14:58 ДМВ, закрытия – 20:50 ДМВ. Продолжительность выхода – 5 ч 52 мин.

Третий выход ВКД-49 выполнен 29 марта 2018 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Эндрю Фойстел (бортинженер экспедиции МКС-55, командир экспедиции МКС-56) и Ричард Арнольд (бортинженер МКС-55/56). Время открытия выходного люка – 16:28 ДМВ, закрытия – 22:38 ДМВ. Продолжительность выхода – 6 ч 10 мин.

Четвертый выход ВКД-50 осуществлен 16 мая 2018 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Эндрю Фойстел (бортинженер экспедиции МКС-55, командир экспедиции МКС-56) и Ричард Арнольд (бортинженер МКС-55/56). Время открытия выходного люка – 14:38 ДМВ, закрытия – 21:08 ДМВ. Продолжительность выхода – 6 ч 30 мин.



Рис. 4. Выполнение ВКД-44

Основные задачи экипажа при выполнении научной программы

В период полета БИ-4 МКС-54/КЭ МКС-55 выполнялись эксперименты в соответствии с «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период пятьдесят третьей и пятьдесят четвертой пилотируемых экспедиций МКС-53 и МКС-54» и «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период пятьдесят пятой и пятьдесят шестой пилотируемых экспедиций МКС-55 и МКС-56».

Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса:

- КПТ-21 (ТЕХ-20) «Плазменный кристалл» (этап 1б) (консервация камеры);
- ТХН-9 «Кристаллизатор» (фото);
- АСР-13 «Диффузионное пламя» (АСМЕ);
- АСР-16 «Перитектика» (ЕМЛ).

Исследование Земли и космоса:

- ИКЛ-2 «БТН-Нейтрон» (автомат);
- ГФИ-8 «Ураган»;
- ДЗЗ-17 «Напор-миниРСА» (очистка);
- ДЗЗ-18 «Дубрава»;
- ДЗЗ-19 «Сценарий»;
- КПТ-22 «Экон-М».

Человек в космосе:

- МБИ-13 «Спланх»;
- МБИ-26 «Мотокард»;
- МБИ-27 «УДОД»;
- МБИ-30 «МОРЗЭ»;
- МБИ-32 «Профилактика-2»;
- МБИ-33 «Биокард»;
- МБИ-34 «Космокард»;
- МБИ-35 «Альгометрия»;
- МБИ-36 «Контент»;
- МБИ-37 «Пилот-Т»;
- МБИ-38 «Взаимодействие-2»;
- МБИ-39 «ДАН»;
- РБО-3 «Матрешка-Р».

Космическая биология и биотехнология:

- БИО-1 «Полиген»;
- БИО-2 «Биориск» (пассивное экспонирование);
- БИО-16 «Электронный нос»;
- БТХ-10 «Конъюгация»;
- БТХ-11 «Биодеградация»
- БТХ-42 «Структура» (фото);
- БТХ-45 «Биопленка» (фото);
- БТХ-47 «Микровир»;
- БТХ-50 «Константа-2» (фото);
- БТХ-51 «Продуцент».

Технологии освоения космического пространства:

- ТЕХ-14 «Вектор-Т»;
- ТЕХ-15 «Изгиб» (автомат);
- ТЕХ-22 «Идентификация»;

- ТЕХ-42 «Наноспутник» (автомат);
- ТЕХ-47 «Фазопереход»;
- ТЕХ-48 «Сепарация»;
- ТЕХ-52 «Визир»;
- ТЕХ-58 «Выносливость» (пассивное экспонирование);
- ТЕХ-60 «Таймер»;
- ТЕХ-62 «Альbedo» (автомат);
- ТЕХ-64 «Пробой»;
- ТЕХ-68 «ИМПАКТ».

Образование и популяризация космических исследований:

- ОБР-4 «РадиоСкаф» (фото и видео);
- ОБР-5 «Великое начало»;
- ОБР-7 «О Гагарине из космоса»;
- ОБР-10 «Интер-МАИ-75»;
- АСР-2 «EarthКАМ».

Новые эксперименты:

- ТЕХ-47 «Фазопереход»;
- ТЕХ-48 «Сепарация».

Всего 50 экспериментов, из них 6 без участия экипажа (рис. 5). Время, затраченное на выполнение экспериментов, составило 311 часов 35 минут (из них 126 часов 20 минут по Task List). Общее фактическое рабочее время составило 1139 часов.

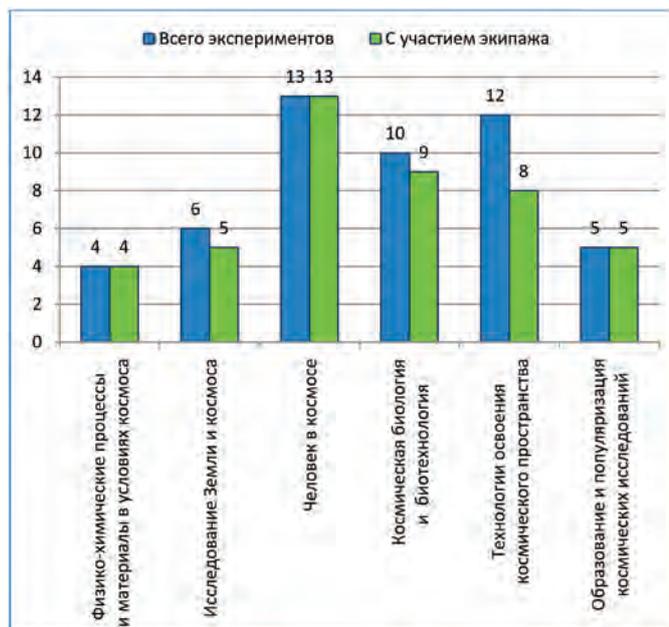


Рис. 5. Космические эксперименты

Выводы

Полет экипажа МКС-54/55 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами.

Уровень подготовленности экипажа МКС-54/55 по ТПК «Союз МС-07» и РС МКС позволил успешно выполнить запланированную программу космического полета.

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

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-54/55
(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-54/55. Дается краткая характеристика функционирования систем медицинского обеспечения полета и поддержания стабильности среды обитания космонавтов на РС МКС. Подведены итоги выполнения рекомендаций медицинских специалистов, программы медицинского контроля и использования бортовых средств профилактики нарушения состояния здоровья космонавтов в полете.

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

**Medical Aspects of Securing the Flight of the ISS Crew
for Expedition 54/55 (Express Analysis). V.V. Bogomolov,
V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov**

The paper shows the results of medical maintenance of the ISS-54/55 expedition and gives a brief description of operation of the medical support system and maintaining the stability of human environment aboard the ISS RS. Besides, the paper sums up results of implementing medical recommendations, program of medical monitoring and the use of onboard means designed to prevent the alteration of cosmonauts' health status in spaceflight.

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

Выполнение программы полета

Полет в составе экспедиций:

– экспедиция МКС-54 – с 19 декабря 2017 года по 27/28 февраля 2018 года в составе шести человек (два представителя «Роскосмоса», три представителя NASA и один представитель JAXA);

– экспедиция МКС-55 – с 27 февраля 2018 года по 23 марта 2018 года в составе трех человек (один представитель Роскосмоса, один представитель NASA и один представитель JAXA). С 23 марта 2018 года по 3 июня 2018 года в составе шести человек (два представителя «Роскосмоса», три представителя NASA и один представитель JAXA).

Длительность полета одного российского (БИ-4 МКС-54/КЭ МКС-55), одного американского (БИ-5) и одного японского (БИ-6) членов экспедиции 54/55, прибывших на корабле «Союз МС-07», составила 169 суток.

Этапы полета экспедиции

17.12.17 г. – выведение ТПК «Союз МС-07» – 10:21 ДМВ.

19.12.17 г. – стыковка ТПК «Союз МС-07» к МИМ1 – 08:42 GMT/11:42 ДМВ.

03.06.18 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-07» от МИМ1 – 09:14 GMT/12:14 ДМВ.

Время посадки – 15:39 ДМВ.

Основные динамические операции

27.12.17 г. – расстыковка ТГК «Прогресс МС-06» – 01:03 GMT/04:03 ДМВ.

12.01.18 г. – расстыковка корабля SpX-13 «Dragon» – 22:45 GMT.

13.02.18 г. – выведение ТГК «Прогресс МС-08» – 08:14 GMT/11:14 ДМВ.

15.02.18 г. – стыковка ТГК «Прогресс МС-08» к АО – 09:38 GMT/12:38 ДМВ.

27/28.02.18 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-06» от МИМ2 – 23:08 GMT/02:08 ДМВ.

21.03.18 г. – выведение ТПК «Союз МС-08» – 20:44 ДМВ /17:44 GMT.

23.03.18 г. – стыковка ТПК «Союз МС-08» к МИМ2 – 19:40 GMT /22:40 ДМВ.

28.03.18 г. – расстыковка ТГК «Прогресс МС-07» от СО-1 – 13:50 GMT/16:45 ДМВ.

02.04.18 г. – выведение корабля SpX-14 «Dragon» – 20:30 GMT/23:30 ДМВ.

04.04.18 г. – стыковка SpX-14 «Dragon» на надирный порт Node2 МКС.

04.05.18 г. – отстыковка SpX-14 «Dragon» манипулятором SSRMS от Node2.

21.05.18 г. – выведение корабля ОА-9 «Cygnus» – 08:44:06 GMT.

24.05.18 г. – стыковка корабля ОА-9 «Cygnus» – 09:26 GMT/12:26 ДМВ.

Внекорабельная деятельность (ВКД)

в СК «Орлан-МК»:

02.02.18 г. ВКД № 44 РС – КЭ, БИ-4 МКС-54. ОВЛ – 15:34 GMT, ЗВЛ – 23:48 GMT.

Общее время пребывания космонавтов в открытом космосе – 8 ч 13 мин.

в ЕМУ:

23.01.18 г. ВКД-47 АС – БИ-2 МКС-54, БИ-5. Программа ВКД выполнена полностью, продолжительность – 7 ч 23 мин.

16.02.18 г. ВКД-48 АС – БИ-2 МКС-54, БИ-6. ОВЛ: 11:58, ЗВЛ: 17:50 GMT. Программа ВКД выполнена полностью, продолжительность – 5 ч 52 мин.

29.03.18 г. ВКД-49 АС – БИ-2 МКС-55, БИ-3 МКС-55. Программа ВКД выполнена полностью, продолжительность – 6 ч 10 мин.

16.05.18 г. ВКД-50 АС – БИ-2 МКС-55, БИ-3 МКС-55. Выполнены основные и дополнительные задачи, продолжительность – 6 ч 30 мин.

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

Старт экипажа ТПК «Союз МС-07» состоялся 17.12.17 г. в 10:21 ДМВ.

При выведении перегрузки переносились мягко, по ощущениям не более 4 g. Сближение проходило по 2-суточной схеме, стыковка ТПК «Союз МС-07» с МКС проведена 19.12.17 г. в автоматическом режиме в 08:42 GMT.

В сутки стыковки режим труда и отдыха (РТО) экипажа МКС был напряженным (рис. 1). После окончания работ на МКС космонавтам было предоставлено время для сна и отдыха с 18:30 GMT (19.12.17 г.) и до 06:00 GMT (20.12.17 г.) продолжительностью 11,5 часа.

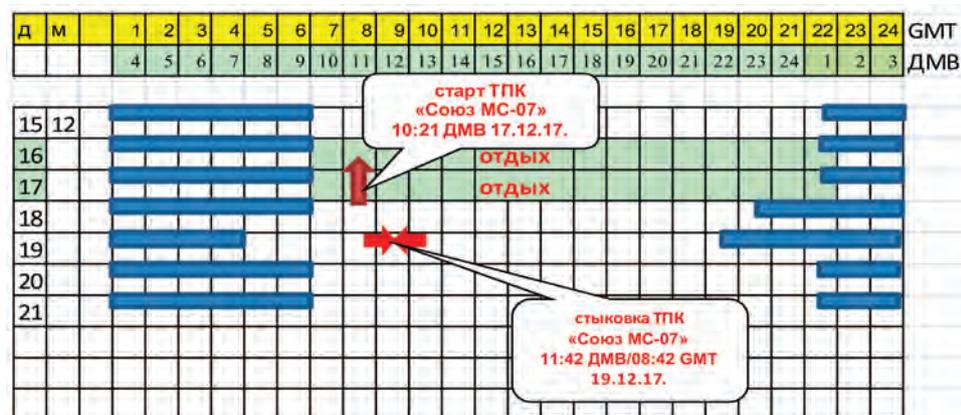


Рис. 1. РТО экипажа МКС на период выведения и стыковки ТПК «Союз МС-07»

Процесс адаптации к невесомости проходил хорошо, без осложнений, со слов БИ-4 «...завершился после первых суток на станции».

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» в первые две недели полета, начиная с 20.12.17 г., рабочая зона у БИ-4 была сокращена до 5,5 часа в день с целью предоставления ему времени (1 час) на адаптацию и ознакомление со станцией.

БИ-4 активно включился в выполнение программы полета – работы по подготовке к ВКД-44, текущие работы на станции и научные эксперименты.

На 8-й неделе (31.01–06.02.18 г.) РТО оценивался как напряженный и характеризовался выполнением ВКД-44 в условиях измененного РТО (в ночное время 02.02.18 г.), а также выполнением большого объема работ. Накануне ВКД 01.02.18 г. КЭ и БИ-4 планировалось полдня отдыха. Время плановых работ у БИ-4 составило 4 ч 15 мин, однако дополнительно к плану были выполнены 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 эки-

пажу более свободно регулировать свой рабочий день, повысить эффективность и использовать свободное время для выполнения большей работы по своему усмотрению). 02.02.18 г. КЭ и БИ-4 провели ВКД-44. Время ВКД – 6 ч 40 мин по плану, фактически оно составило 8 ч 13 мин. Космонавты работали спокойно и уверенно. Основная задача ВКД была выполнена.

После завершения ВКД зона сна планировалась с 03:30 GMT и до 13:30 GMT 03.02.18 г. продолжительностью 10 часов. 03.02.18 г. экипажу было запланировано полдня отдыха с выполнением небольших по объему работ и операций с оборудованием ВКД. Дополнительно к плану БИ-4 затратил 1 ч 30 мин на выполнение работ по программе Task List.

На 10-й неделе (14–20.02.18 г.) РТО экипажа оценивался как частично напряженный – рабочая нагрузка 15.02.18 г. была увеличена за счет работ, связанных со стыковкой и разгрузкой ТК «Прогресс МС-08», и составила для БИ-4 7 ч 20 мин.

На 11-й неделе (21–27.02.18 г.) РТО оценивался как напряженный и характеризовался выполнением расстыковки ТПК «Союз МС-06» с МКС в ночное время, а также выполнением большого объема работ по завершению укладки возвращаемого оборудования. 26.02.18 г. был подписан Акт о передаче смены по РС от КЭ к БИ-4 и проведена церемония передачи командования МКС. БИ-4 стал КЭ МКС-55. Перед расстыковкой ТПК «Союз МС-06» планировался сон с 23:00 GMT (26.02.18 г.) до 11:00 GMT (27.02.18 г.) продолжительностью 12 часов. Расстыковка ТПК «Союз МС-06» осуществлена 23:08 GMT (26.02.18 г.)/02:08 ДМВ (27.02.18 г.).

После ухода экипажа ТПК «Союз МС-06», оставшимся на станции космонавтам было запланировано время для сна и отдыха с 03:00 GMT 28.02.18 г. до 06:00 GMT 01.03.18 г. продолжительностью 27 часов.

Последующие недели КЭ на РС МКС выполнял работы в штатном режиме. Работы планировались в рабочие дни в пределах 6,5 часа. Фактическое время выполнения работ систематически увеличивалось от 1,5 до 2 часов за счет выполнения работ и экспериментов по программе Task List.

На 15-й неделе 21.03.18 г. в 20:44 ДМВ состоялся старт экипажа ТПК «Союз МС-08». Планировалась 2-суточная схема сближения. Стыковка ТПК «Союз МС-08» к МИМ2 состоялась 23.03.18 г. в 19:40 GMT. После ОПЛ в 21:48 GMT экипаж перешел на станцию и приступил к выполнению работ.

В сутки стыковки 23/24.03.18 г. РТО экипажа МКС был напряженным. Время работы у КЭ составило 7 ч 35 мин, у БИ-1 – 12 ч 35 мин. После окончания работ на МКС космонавтам было предоставлено время для сна и отдыха с 05:30 GMT (24.03.18 г.) до 06:00 GMT (25.03.18 г.) продолжительностью 24,5 часа.

Последующие недели космонавты работали в штатном режиме, КЭ выполнял большое количество работ в дополнение к плану (по указанию ЦУПа и по собственной инициативе). В рабочие дни и дни отдыха КЭ выполнял работы и эксперименты по программе Task List.

На 19-й неделе (18–24.04.18 г.) плановая рабочая нагрузка у КЭ составила в среднем за неделю 6 ч 35 мин, но фактически КЭ основные работы выполнял с временными переработками и нарушением структуры штатного РТО (сокращение времени обеда, зоны presleep, пропуск ФТ) и без полноценного отдыха в выходные дни. В связи с переработками как в рабочие, так и в выходные дни в предшествующие недели, экипажу российского сегмента МКС был предоставлен дополнительный день отдыха 07.05.18 г. по рекомендации ГМО.

С 21.05.18 г. согласно требованиям «Основных правил и ограничений» рабочая зона у КЭ была сокращена на 1 час, а это время (1 час) ежедневно планировалось ему на подготовку к возвращению на Землю. Оставшиеся до посадки ТПК «Союз МС-07» две недели КЭ работал в штатном режиме: выполнял плановые работы по подготовке к спуску. Дополнительно к плану КЭ занимался подготовкой и укладкой возвращаемых и удаляемых грузов, а также в рабочие дни затрачивал от 1 до 2 часов на выполнение экспериментов по программе Task List, в дни отдыха время выполнения экспериментов по программе Task List увеличивалось до 4 часов.

На 25-й неделе (30.05–05.06.18 г.) КЭ выполнял заключительные операции по подготовке к расстыковке ТПК «Союз МС-07» с МКС. Накануне расстыковки (01.06.18 г.) проведена церемония передачи командования – функции КЭ МКС-56 были возложены на американского астронавта (БИ-2), утром 02.06.18 г. состоялось подписание акта о передаче смены по РС от БИ-4/КЭ к БИ-1.

В сутки расстыковки (02/03.06.18 г.) планировалось изменение РТО – подъем 02.06.18 г. состоялся в 10:30 GMT, продолжительность сна составила 13,5 часа. После выполнения работ по подготовке к расстыковке, экипажу было предоставлено время для сна (отдыха) с 16:00 до 22:00 GMT, затем космонавты продолжили выполнение работ на станции. После завершения укладки грузов в ТПК экипаж перешел в транспортный корабль. Расстыковка ТПК «Союз МС-07» от МКС состоялась в 09:14 GMT /12:14 ДМВ (03.06.18 г.). Посадка СА в заданном районе состоялась в 15:39 ДМВ 03.06.18 г.

РТО у космонавтов в сутки расстыковки и посадки был напряженным – подготовка к расстыковке проходила в ночное время суток, сама же расстыковка и посадка проходили в утреннее время. Рабочая нагрузка у БИ-4/КЭ после дополнительного сна составила 12 ч 20 мин (6 ч 50 мин на МКС и 5 ч 30 мин в ТПК). Период бодрствования составил 16 часов (с момента подъема и до момента посадки ТПК).

Общая продолжительность экспедиции МКС-55 составила 169 суток, из которых планировались 117 рабочих дней и 52 дня отдыха.

Фактически, по сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, из 52 дней отдыха у КЭ было 8 полноценных дней отдыха, когда время работы не превышало 2 часов, и 8 неполных дней отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от 2 до 4 часов. При этом 36 дней, предна-

значенных для отдыха, были практически рабочими днями, когда ежедневное время работы составляло 4,5 часа и более.

За весь полет суммарная плановая продолжительность работ в дни отдыха у КЭ составила 64 ч 15 мин. Фактически в дни отдыха КЭ на выполнение плановых и дополнительных работ израсходовал 235 часов 20 минут. Из них на работы и эксперименты по программе Task List в дни отдыха космонавт затратил 150,5 часа (на выполнение заданий по Task List в рабочие дни было затрачено 126,5 часа).

За весь полет на проведение всех дополнительных работ (по Task List, по инициативе экипажа, по указанию Земли и на работы с превышением плановых сроков) КЭ затратил 351,5 часа, что практически равноценно 54 рабочим дням при плановой рабочей нагрузке 6,5 часа в день. Из 25 полетных недель 9 недель были отмечены признаками полной или частичной напряженности РТО, связанной с приходом на станцию и убытием со станции очередных экипажей, с проведением погрузочно-разгрузочных работ с грузовыми и пилотируемыми кораблями, с подготовкой и осуществлением внекорабельной деятельности, с выполнением заданий по программе Task List.

Большой объем дополнительных работ, выполненных в полете, во многом обеспечивался ограничением свободного времени как в рабочие дни, так и в дни отдыха.

Успешному завершению полета способствовали коллегиально дружеские взаимоотношения участников полета, продуктивный деловой контакт со специалистами и операторами наземных служб и высокая ответственность БИ-4/КЭ и его партнеров за выполнение профессиональных задач.

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/КЭ 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-07»: 17–19.12.17 г.;

– перед и во время проведения ВКД-44: 02.02.18 г.;

– при проведении ОДНТ-тренировок: 22, 25, 28, 30, 31.05, 01.06.18 г.;

– во время расстыковки и спуска на Землю ТПК «Союз МС-07»: 03.06.18 г.;

– при проведении научных экспериментов:

• МБИ-33 «Биокард»: 15.01.18 г.; 27.03.18 г.; 15.05.18 г.;

• МБИ-39 «ДАН»: 12.01.18 г.; 24.02.18 г.; 29.03.18 г.; 24.04.18 г.;

16.05.18 г.

Результаты динамического медицинского контроля свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях, достаточных функциональных резервах организма и отсутствии каких-либо существенных отклонений в функциональном состоянии организма БИ-4/КЭ, что обеспечило сохранение высокого уровня работоспособности на всех этапах экспедиции.

Психологический климат в экипаже и взаимодействие с наземными службами оценивался высоко. БИ-4/КЭ отличался четкостью в работе, отличным взаимопониманием с группой медицинского обеспечения Главной оперативной группы управления (ГМО ГОГУ) и с полетными врачами, службами, и выполнял все медицинские рекомендации.

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.

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:

10.01.18 г. в 12.45 GMT КЭ МКС-54 попросил немного (на 2 °С) повысить температуру воздуха в СМ. РРЖ перенастроен на 14 °С. Вечером того же дня он сообщил, что температура воздуха в СМ стала комфортной +24 °С.

11.01.18 г. КЭ МКС-54 попросил понизить температуру воздуха в СМ на 2 °С (на тот момент температура составляла +26 °С) и держать ее в комфортной зоне +24 °С.

12.01.18 г. утром экипаж пожаловался на повышение температуры в СМ до +26 °С, в связи с чем произведено переключение РРЖ2 с 14 °С на 10 °С.

01.02.18 г. на запрос о температуре на станции КЭ МКС-54 ответил: «не скажу, что сейчас здесь жарко... на ближайшие пару дней, пока ВКД, и не до физкультуры будет, можно и потеплее сделать, а дальше видно будет».

04.02.18 г. КЭ МКС-54 отметил повышение температуры на РС МКС до 28 °С и связанный с этим дискомфорт, особенно во время проведения ФТ, и высказал пожелание понизить температуру на РС до 24 °С. Проведена перенастройка РРЖ КОХ1 с 14 °С на 10 °С.

06.02.18 г. во время частных медицинских конференций КЭ МКС-54 и БИ-4 отметили, что после перенастройки КОХ1 (04.02.18 г.) температурный режим комфортный.

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 150 МК» в СМ и ФГБ включались ежедневно на 6 часов.

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

22.03.18 г. датчик СО (монооксид углерода) газоанализатора ГЛ 2106 в СМ самопроизвольно отключился. 28.03.18 г. выполнена замена датчика; после включения газоанализатора в рабочий режим зафиксировано его нештатное отключение с сообщением «Повышен фоновый сигнал в ГЛ 2106. Смени фильтр» (повтор замечания от 22.03.18 г.). Проводилось тестирование и попытки РВР, которые не увенчались успехом. Показания СО газоанализатора ГЛ 2106 были некорректны и сняты с ТМ-контроля. 28.05.18 г. выполнен демонтаж ГЛ 2106 для возвращения на Землю.

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-07» на различных этапах полета показаны в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-07»
на участке выведения, орбитального полета и стыковки с МКС (17–19.12.17 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Допустимый диапазон
ДСА мм рт.ст.	750	866	450–970
ДБО мм рт.ст.	828	866	450–970
PO_2 мм рт.ст.	161	184	140–310
PCO_2 мм рт.ст.	1,5	6,2	<10
PH_2O мм рт.ст.	12,2	17,5	<20
ОВ %	50	75	40–75
ТСА, °С	23,0	26,7	18–25
ТБО, °С	15,8	25,5	18–25

ДСА – давление в спускаемом аппарате; ДБО – давление в бытовом отсеке; PO_2 – парциальное давление кислорода; PCO_2 – парциальное давление углекислоты; PH_2O – парциальное давление паров воды; ОВ % – относительная влажность воздуха; ТСА – температура в спускаемом аппарате в градусах Цельсия; ТБО – температура в бытовом отсеке в градусах Цельсия.

18.12.17 г. заменен поглотительный патрон в БО. В связи с повышенной влажностью ХСА БО и ХСА СА переводились в максимальный режим работы, проводилась откачка конденсата.

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

Таблица 2

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-07»
на этапе расстыковки и спуска (03.06.18 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Норма
ДСА мм рт.ст.	725	784	450–970
ДБО мм рт.ст.	680	745	450–970
Р _{О₂} мм рт.ст.	149	195	140–310
РСО ₂ мм рт.ст.	2,9	7,4	<10
РН ₂ О мм рт.ст.	9,9	11,3	<15
ОВ %	43	53	30–75
ТСА, °С	21,4	25,4	18–25
ТБО, °С	19,8	22,7	18–25

Замечания по работе СОЖ, СОГС и СТР

Периодически фиксировались срабатывания датчиков дыма в ФГБ (26.12.17 г.; 15, 17, 19, 21, 27.01.18 г.; 26.03.18 г.; 27.05.18 г.), в СМ (21.04.18 г.; 08.05.18 г.; 23.05.18 г.) и МИМ1 (27.12.17 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.

Срабатывание сигнализации возможно было связано с увеличением количества пыли при работах экипажа за панелями и при чистке вентиляционных решеток. С 15.01.18 г. по 15.02.18 г. проводилось тестирование датчиков дыма в ФГБ, при котором было возможно их «подрабатывание».

22.04.18 г. КЭ сообщил о проблеме с горячей водой: «Началось все с подогревателя воды, он не захотел нам в обед давать горячую воду, просто воздух качал, мы отключили «подогрев», сейчас только поставили «подогрев» ... – явно грязная вода. У нас холодная есть для питья, а с горячей пока проблемы». После согласования с американской стороной российским членам экипажа дано разрешение использовать горячую воду АС.

23.04.18 г. по рекомендации специалистов заменен шланг, идущий от ЕДВ к БРП, переходник стыковочный и ЕДВ, проведен пролив БРП-М, после чего БИ-1 доложил, что цвет воды все равно желтый. 24.04.18 г. проведена замена БРП-М в составе СРВК-2М, после чего качество горячей воды стало хорошее.

Отмечалась нештатная работа СКВ1 и СКВ2: периодически происходило нештатное самопроизвольное отключение (СКВ1 – «температура хладагента

ниже нормы», СКВ2 – в связи со срабатыванием токовой защиты компрессорной установки). Проводились перезапуски и РВР. После РВР 25.04.18 г. включена в работу СКВ2.

За время полета РО внутри станции оставалась спокойной.

Накопленная поглощенная доза за полет у БИ-4/КЭ составила 5,96 сГр (5959 мрад), что не превышает 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».

С 08.12.17 г. по 05.01.18 г. все датчики (в количестве 11 ед.) находились на панели 222 в РС МКС для их взаимной калибровки. Заключение: все датчики находятся в работоспособном состоянии.

Пространственное поле распределения дозовых нагрузок в МКС сохраняется.

Наименьшая мощность поглощенной дозы зарегистрирована в МИМ2, полусфера у входа (171 мкГр/сутки), в ФГБ (249 мкГр/сутки). Наибольшая мощность поглощенной дозы в АСУ, п. 457 (567 мкГр/сутки), в СО-1 (524 мкГр/сутки), в МИМ1 (533 мкГр/сутки). Значения измеренной мощности поглощенной дозы остаются в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

Во время выполнения ВКД № 44 РС и ВКД № 47–48 АС проводился контроль радиационной безопасности экипажа с использованием датчиков дозиметра «Пилле-МКС».

Замена карты памяти дозиметра «Пилле-МКС» выполнена 22.02.18 г.; укладка карты 31-016 возвращена на ТПК «Союз МС-06». Установлена карта памяти 30-016.

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

На протяжении всего полета БИ-4/КЭ 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. 22.02.18 г. запланированная проба ИПД-СО не отобрана в связи с докладом экипажа о негерметичности обоих насосов. Ежемесячный контроль СО пробоотборниками ИПД возобновлен после доставки на борт нового насоса на ТПК № 738 (в марте 2018 г.).

28.01.18 г. экипаж пожаловался на шум в районе панелей 249–250. БИ-4: «Звук добивает, особенно в правой каюте, там даже ночью слышно в наушниках». Сделаны замеры шума в этом районе. После анализа полученных записей специалистами определен источник шума – подшипник насоса панели 4СПН2. 03.02.18 г. проведено переключение панелей в КОБ2, после чего экипаж отметил, что «стало тихо».

20.03.18 г. КЭ доложил: «за 201 и 202 панелями очень много пыли. Я сейчас включу пылесос – там дышать нечем будет. Я бы хотел надеть защитную маску». Специалистами СОЖ было рекомендовано использовать респиратор. Позже КЭ доложил, что использовал респиратор № 9914.

28.04.18 г. КЭ сообщил о появлении постороннего шума в МИМ1 (панель 110, насос гидроконтур), который не мешает жизнедеятельности экипажа. Аудиозапись шума передана специалистам для анализа.

КЭ использовал наушники с активным шумоподавлением во время сна и периодически в течение дня.

Исследование акустической обстановки проводилось в модулях РММ, Columbus, Node3, US Lab, СО1, ФГБ, МИМ1 и СМ РС МКС. Определение индивидуальной акустической нагрузки проводилось за дневной и ночной периоды времени впервые с использованием нового технического обеспечения для акустического мониторинга на МКС (АМ hardware), которое работало в режиме измерений уровней шума (SLM).

08–10.01.18 г. у российского космонавта шумовая нагрузка за дневной период превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 14,5 дБА, за ночной период – на 3,8 дБА. Сравнение с предыдущими замерами (от 08–10.01.18 г.) показало повышение шумовой нагрузки за дневной период на 8,1 дБА, а за ночной период – на 1,5 дБА.

12–14.03.18 г. у российского космонавта шумовая нагрузка за дневной период превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 14,5 дБА, за ночной период – на 3,8 дБА. Сравнение с предыдущими замерами (от 08–10.01.18 г.) показало повышение шумовой нагрузки за дневной период на 8,1 дБА, а за ночной период – на 1,5 дБА.

Статические измерения эквивалентных уровней звука за дневной и ночной периоды показали, что 08–10.01.18 г. в СМ РС МКС в районе рабочего стола эквивалентный уровень звука за дневной период превышает ПДУ на 6,9 дБА, а за ночной периоды – на 4,1 дБА.

Сравнение с предыдущими замерами (от 27–30.11.17 г.) показало снижение эквивалентного уровня звука за дневной период в районе рабочего стола (СМ) на 2,1 дБА. В модулях АС МКС эквивалентные уровни звука за дневной и ночной периоды не превышали ПДУ.

23–25.01.18 г. в СМ РС МКС в районе СОА «Воздух» эквивалентный уровень звука превышает ПДУ на 10,1 дБА и 8,3 дБА за дневной и ночной периоды, соответственно.

12–14.03.18 г. в ФГБ РС МКС в районе панелей 205/206 эквивалентный уровень звука за дневной период превышает ПДУ на 7,4 дБА, а за ночной период – на 2,7 дБА.

09–11.04.18 г. эквивалентные уровни звука за дневной период превышали ПДУ в СО1 на 2,4 дБА, а за ночной период – на 3,7 дБА.

Исследования по микробиологическому состоянию атмосферы МКС (МО-21 «Контроль микроэкоферы среды обитания») 26.02.18 г. (167-е сутки

полета МКС-53/54, 72-е сутки полета МКС-54/55) показали, что бактерии были обнаружены в 15 из 16 исследованных зон. Количественный уровень обсемененности воздушной среды представителями бактериальной флоры колебался от 10 до 200 КОЕ в 1 м^3 , что не превышало регламентируемый SSP 50260 MORD уровень для бактерий, равный 1000 КОЕ в 1 м^3 .

Плесневые формы грибов были обнаружены в 5 из 16 исследованных зон. Содержание микромицетов в воздушной среде находилось в пределах от 11 до 77 КОЕ в 1 м^3 , что не превышало регламентируемый SSP 50260 MORD уровень для плесневых форм грибов, равный 100 КОЕ в 1 м^3 .

Обсемененность газовой среды бактериями и плесневыми грибами в пределах нормативных показателей и соответствует требованиям SSP 50260 MORD.

По результатам МО-22 «Контроль санитарно-эпидемиологического состояния» от 26.02.18 г. (167-е сутки полета МКС-53/54, 72-е сутки полета МКС-54/55), содержание фрагментов плесневых грибов на поверхностях интерьера и оборудования не превышает нормативный показатель, регламентируемый SSP 50260 MORD.

Содержание бактерий на поверхностях интерьера и оборудования превышало нормативный показатель, регламентируемый SSP 50260 MORD в 1 зоне: ТПК «Союз МС-06», с поверхности посадочного люка ($2,2 \times 105 \text{ КОЕ/см}^2$). На остальных 22 поверхностях интерьера и оборудования содержание бактерий не превышало нормативный показатель, регламентируемый SSP 50260 MORD. Проводить обработку с помощью комплекта «Фунгистат» вышеуказанной зоны не было необходимости в связи с тем, что ТПК «Союз МС-06» осуществил посадку 28.02.2018 года.

Питание и водопотребление

22.04.18 г. от КЭ поступило замечание на качество горячей воды – явно грязная вода.

По согласованию с американской стороной российские члены экипажа с 22.04.18 г. по 24.04.18 г. (до замены БПП-М) использовали горячую воду АС.

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

В течение всего полета у БИ-4/КЭ аппетит был хороший, замечаний по питанию и водопотреблению не было.

Использование средств профилактики

21.12.17 г. проведена замена полотна на тренажере БД-2 (работа выполнена за 1 день вместо планировавшихся 2), после чего проведено тестирование работоспособности БД-2. По результатам тестирования тренажер допущен к эксплуатации. Вечером того же дня КЭ МКС-54 сообщил, что выполнил ФУ на БД-2, замечаний к работе тренажера нет, однако после установки нового полотна сила притяга 47 кг (в то время как до замены она была

57 кг), узлы крепления к системе притяга сейчас немного выше колена (штатно 15–20 см от полотна дороги). С помощью электронного управления КЭ увеличил нагрузку до 56 кг.

26.12.17 г. проведена коррекция притяга БД-2, сила притяга после корректировки увеличилась с 46 до 52 кг, однако уровень каретки притяга остался на высоте 40–45 см, вместо штатных 15–20 см.

03.01.18 г. экипаж доложил, что в процессе подготовки к выполнению физических упражнений на БД-2 пропало усилие в системе притяга, восстановить усилие не удалось. Экипажу рекомендовано выполнить ФУ на ВБ-3М.

04.01.18 г. проведены РВР БД-2 (натяжение шнура притяга) и последующий тест тренажера. По заключению специалистов БД-2 в рабочем состоянии.

12.01.18 г. проведены работы по регулировке положения каретки притяга БД-2 и перезапуск ПО тренажера, после чего БД-2 работала штатно.

07.02.18 г. КЭ МКС-54 выполнил обновление программного обеспечения тренажера БД-2. В ходе тестирования тренажера отмечал увеличения силы притяга до 70–72 кг, вместо выбранных 67 кг. Также на панели управления отмечалось появление восклицательного знака в желтом треугольнике в окне «Притяг» и в окне «подготовка ЧСС-монитора». Ограничений по использованию тренажера, по мнению специалистов, нет.

30.04.18 г. во время выполнения ФУ на БД-2 (19:04 GMT) КЭ сообщил: «Я тут бегом занимался на БД-2 и что-то она у нас не хочет работать, появляется восклицательный знак на красном фоне и дает код ошибки». После консультации со специалистами экипажу было рекомендовано «два тумблера питания, идущие к беговой дорожке, выключить и потом снова включить». В дальнейшем замечаний от экипажа по БД-2 не поступало.

БИ-4 планировались инструктаж по тренажеру ARED и обзор ФТ 20.12.17 г., ознакомительные занятия на тренажерах БД-2 (1 час 22.12.17 г.) и ВБ-3М (1 час 23.12.17 г.).

С 24.12.17 г. физические тренировки ему планировались по российской программе общей продолжительностью 2,5 часа, преимущественно блоком на БД-2 и ВБ-3М/ARED (с чередованием).

С 04.05.18 г. в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета и рекомендациями специалистов ИМБП планировались двухразовые тренировки на беговой дорожке БД-2 с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED и ОДНТ-тренировки (с 22.05.18 г.).

Профилактическое изделие «Браслет» не использовал.

Примерка и подгонка изделия «Кентавр» 25.05.18 г. у КЭ, БИ-5 и БИ-6 проведена без замечаний.

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

БИ-4 до 31.12.18 г. использовал ТНК-У-1М, с 1.01.18 г. использовал американский Harness в качестве притяга. 22.01.18 г. БИ-4 вернулся к использо-

ванию ТНК-У-1М на БД-2, оценил его как более комфортный в плане распределения осевой нагрузки на тело по сравнению с американским Harness.

На всех этапах полета уровень физической тренированности БИ-4/КЭ оценивался как хороший.

Выводы

Безопасность экипажа на борту МКС тесно связана с организацией медицинского обеспечения космического полета, проведением санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий. Оценка и учет 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 контролировала планирование и реализацию медицинских операций.

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

Психологический климат в экипаже на протяжении всего полета 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, высокая ответственность космонавта (БИ-4/КЭ) и его партнеров за выполнение профессиональных задач.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

МКС – Международная космическая станция

NASA – космическое агентство США

JAXA – Японское космическое агентство

БИ – бортовой инженер

КЭ – командир экипажа

ТПК – транспортный пилотируемый корабль

ТГК – транспортный грузовой корабль

ДМВ – декретное московское время

GMT – время Гринвичского меридиана

МИМ1 – малый исследовательский модуль 1

МИМ2 – малый исследовательский модуль 2
АО СМ – агрегатный отсек служебного модуля
РС МКС – российский сегмент МКС
СК – скафандр
ВКД – внекорабельная деятельность
ЕМУ – американский скафандр для ВКД
ОВЛ – открытие выходного люка
ЗВЛ – закрытие выходного люка
РТО – режим труда и отдыха
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
ФТ – физические тренировки
СА – спускаемый аппарат
БО – бытовой отсек
ГОГУ – Главная оперативная группа управления
ISS MORD – документ требований к медицинским операциям МКС
ОДНТ – отрицательное давление на низ тела
МБИ – медико-биологические исследования
ГМО – группа медицинского обеспечения
СМ – служебный модуль
ФГБ – функционально-грузовой блок
СОТР – система обеспечения терморегулирования
КОХ – контур охлаждения
РРЖ – регулятор расхода жидкости
СКВ – система кондиционирования воздуха
БМП – блок удаления микропримесей
СРВ-К2М – система регенерации воды из конденсата
СОА «Воздух» – система очистки атмосферы
СКО «Электрон-ВМ» – система обеспечения кислородом
УОВ «Поток 150 МК» – устройство очистки воздуха
РВР – ремонтно-восстановительные работы
ТМ – телеметрия
ДСА – давление в спускаемом аппарате
ДБО – давление в бытовом отсеке
PO₂ – парциальное давление кислорода
PCO₂ – парциальное давление углекислоты
PH₂O – парциальное давление паров воды
ОВ % – относительная влажность воздуха
ТСА – температура в спускаемом аппарате в градусах Цельсия
ТБО – температура в бытовом отсеке в градусах Цельсия
CSA-CP – американский анализатор состава атмосферы
ЕДВ – емкость для воды
БРП – блок раздачи и подогрева
БРП-М – блок раздачи и подогрева воды модернизированный
РО – радиационная обстановка
АСУ – ассенизационно-санитарное устройство

ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера

СПН – сменная панель насосов

КОБ – контур обогрева

СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности

ПДУ – предельно допустимый уровень

МО – медицинская операция

БД-2 – бегущая дорожка РС МКС

ARED – силовой тренажер АС МКС

ФТ – физическая тренировка

ВБ-3М – велоэргометр бортовой

ИМБП – Институт медико-биологических проблем

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 004.9

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ, ОТОБРАЖЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦПК

Б.С. Долговесов, М.А. Городилов, М.Ю. Шадрин, В.И. Брагин

Канд. техн. наук Б.С. Долговесов; М.А. Городилов; М.Ю. Шадрин
(ФГБУН «Институт автоматизации и электрометрии СО РАН», г. Новосибирск)
В.И. Брагин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены особенности построения аппаратных и программных решений по обработке, отображению и регистрации видео- и аудиоданных для тренажерных комплексов НИИ ЦПК, позволяющих в реальном масштабе времени эффективно решать задачи информационного обеспечения, контроля и анализа процесса подготовки космонавтов.

Ключевые слова: тренажерные комплексы, мультимедийные данные, микшер-коммутатор, мониторинг, отображение данных, реальный масштаб времени.

The Features of Implementation of Processing, Displaying and Recording Multimedia Data for the Simulator Complexes at the CTC. B.S. Dolgovesov, M.A. Gorodilov, M.Yu. Shadrin, V.I. Bragin

The paper discusses the features of the hardware configuration and software solutions on processing, displaying and recording video and audio data for the CTC's simulator complexes that allow executing the tasks of information support, control and analysis of cosmonaut training process efficiently.

Keywords: simulator complexes, multimedia data, mixer-switch, monitoring, video recording, data displaying, real-time scale.

Вычислительные ресурсы современных высокопроизводительных компьютеров и графических процессоров создают предпосылки для создания программируемых универсальных средств обработки, регистрации и отображения мультимедийных данных в тренажерных комплексах Центра подготовки космонавтов, что позволит более эффективно решать задачи, связанные с информационным обеспечением тренировочного процесса подготовки космонавтов. В связи с этим актуальной является задача не только модерниза-

ции уже существующих систем обработки и отображения мультимедийных данных тренировочного процесса, но и создание новых систем, обеспечивающих в режиме реального времени архивирование мультимедийных данных с одновременным их адресным отображением. В работе [1] предложена концепция построения подобных систем на базе персонального компьютера с использованием современных графических процессоров, позволяющих программировать различные функции обработки и визуализации мультимедийных данных, что существенно упрощает их реализацию по сравнению с аппаратными решениями на базе матричных коммутаторов, традиционно используемых при визуализации распределенных мультимедийных данных. На основе данной концепции разработаны системы обработки и отображения, а также обработки и регистрации визуальных и аудиоданных для тренажерных комплексов РС МКС, представленные в [2, 3]. Рассмотрим эти системы более подробно.

Система обработки и отображения визуальной информации комплекса тренажеров российского сегмента Международной космической станции

Система обработки и отображения визуальной информации (СООВИ) предназначена для расширения возможностей телевизионной аппаратуры «Гранит» комплекса тренажеров РС МКС. СООВИ обеспечивает существующую аппаратуру с аналоговыми источниками видеоданных эффективной программно-аппаратной системой управления, мониторинга, обработки и отображения мультимедийных данных с учетом расширения входного информационного потока за счет дополнительных источников данных в виде цифровых видеокамер высокого разрешения и т.п.

На рис. 1 представлена структура СООВИ, демонстрирующая основные функциональные компоненты системы и их взаимодействие, в том числе с периферийным окружением. В качестве базового элемента системы используется программный «микшер-коммутатор», работающий на персональном компьютере. Управляющий модуль может устанавливаться как на персональные, так и планшетные компьютеры, подключенные к локальной сети тренажера. Система позволяет с помощью графического пользовательского интерфейса управляющего модуля формировать данные для контрольного изображения в виде «мозаики» от аналоговых видеоисточников (камеры PAL, удаленные бортовые Laptop и система компьютерной генерации изображений), цифровых видеокамер высокой четкости (IP, SDI). Управление настройками «мозаики» может осуществляться удаленно с помощью отдельной рабочей станции или планшетного компьютера. Для ввода мультимедийных данных с других источников могут использоваться модули кодирования, поддерживающие соответствующий формат сигналов. Сформированные изображения «мозаик» подаются на ТВ-выходы видеокарт. Возможность со-

временных графических процессоров обрабатывать одновременно нескольких видеопотоков чересстрочного формата в реальном времени обеспечивает при масштабировании визуализацию данных без заметных искажений. Программные решения позволяют организовать удаленное управление с возможностью *одновременного предпросмотра* видеоисточников и результата микширования, которое может осуществляться с управляющей ЭВМ (управляющий модуль) или планшетного компьютера. При увеличении числа входных источников система может быть дополнена несколькими микшерами-коммутаторами, каждый из которых обеспечивает вывод изображения на один из мониторов, объединенных в видеостену. При этом пользовательский интерфейс будет оставаться прежним, сохраняя простоту управления и настройки системы.

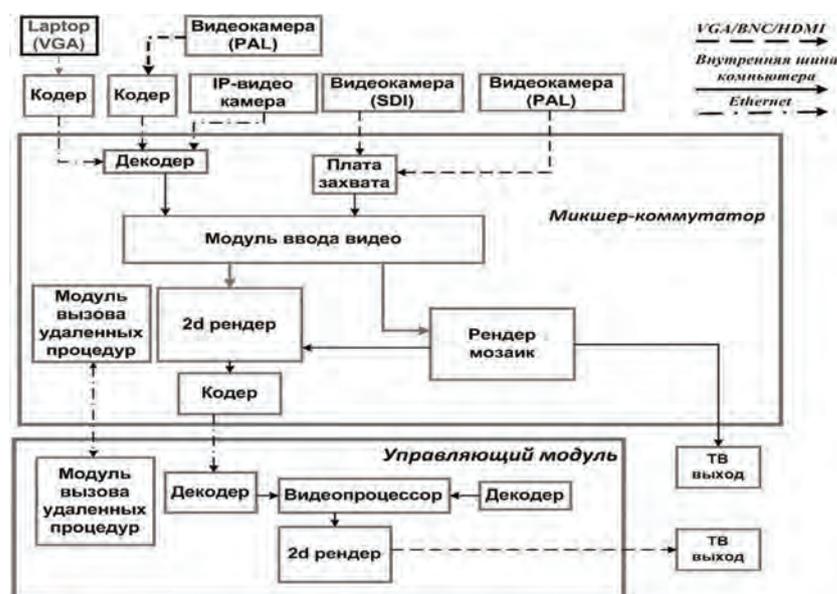


Рис. 1. Структура СООВИ

Для реализации системы используется программная среда разработки *Qt Quick*, в состав которой входит декларативный язык *QML*, используемый для описания связей между программными модулями системы и основной логики приложений. Несмотря на то что в состав *Qt Quick* входит достаточно большой набор модулей, не все подзадачи можно реализовать, используя базовые элементы встроенных библиотек. В связи с этим разработаны модули расширения на языке *C++*. Вывод и отображение мультимедийных данных осуществляется средствами мультимедийного фреймворка (*framework*) *Microsoft Media Foundation*. Для построения конвейера обработки мультимедийных данных из модулей *Microsoft Media Foundation* и доступа до некоторых объектов конвейера из среды исполнения *QML* раз-

работаны специальные модули расширения. Передача видеоданных из конвейера осуществляется с помощью специального компонента-приемника, который предварительно обрабатывает видеопоток, сохраняя результат в виде ресурса в памяти графического процессора. Разработаны модуль для отображения данного ресурса в виде графического элемента в *QML*-сцене и модуль, позволяющий записывать изображение *QML*-сцены в память графического процессора, которая будет считываться в компоненте – источнике данных конвейера платформы *Microsoft Media Foundation*.

Поскольку реализация пользовательского интерфейса осуществляется в отдельном приложении на удаленном компьютере, был реализован модуль передачи управляющих команд и параметров для связи приложений, использующий среду исполнения *QML*-скрипта. Любое приложение может содержать как несколько управляемых объектов, так и несколько управляющих. При этом с одним управляемым объектом может быть одновременно связано несколько управляющих. Управляемый объект ссылается на один из других объектов внутри своей среды исполнения. Используя мета-описание (*Meta Description*) этого объекта, можно создавать удаленную копию, которая будет переадресовывать вызовы к исходному объекту. Такой подход позволяет работать с удаленными объектами практически так же, как и с локальными. При этом не требуется создания дополнительного мета-описания объектов. Одним из ограничений является запрет на использование функций с возвращаемым значением. Кроме того, реализованы модули для визуализации 3-мерных сцен, журналирования и сериализации.

На рис. 2 можно видеть изображение «мозаики» на телевизоре (55"), а также интерфейс управляющего модуля на мониторе (24") и планшетном компьютере (10").



Рис. 2. Внешний вид рабочего места оператора СООВИ, установленной в ЦПК для комплекса тренажеров РС МКС

Система отображения и регистрации аудиовизуальной информации

Основное назначение системы отображения и регистрации аудиовизуальной информации (СОРАВИ) в тренажерных комплексах подготовки космонавтов:

1. Регистрация данных тренировочного процесса с целью протоколирования, дальнейшего анализа, формирования отчетов и объективных оценок операторской деятельности космонавтов.

2. Быстрый поиск и отображение необходимых фрагментов тренировочного процесса без остановки процесса регистрации данных.

3. Обеспечение обработки различных типов видеосигналов. Для полноценного контроля требуется фиксировать видеосигналы не только с камер видеонаблюдения, но и сигналы, которые формируются системами тренажера. Это могут быть видеосигналы форматов пультов управления, пультов инструктора, видеосигналы от формирователей изображений внешней визуальной обстановки или бортовые видеосигналы.

Вычислительные ресурсы современных графических процессоров позволяют кодирование нескольких видеопотоков с разрешением 1920x1080 пикселей в формате H.264 в реальном времени. Декодирование видеопотоков в таком же формате не влияет на производительность кодирования и требует гораздо меньше вычислительных ресурсов. Это делает возможным создание системы регистрации и отображения аудиовизуальной информации на базе современного персонального компьютера. Наряду с быстрым поиском и отображением необходимых фрагментов тренировочного процесса, в системе обеспечивается интерактивная аналитическая обработка в реальном времени (*OLAP – Online Analytical Processing*) сценарных данных тренировочного процесса, что является отличительной особенностью СОРАВИ.

Архитектура программных средств разработанной СОРАВИ представлена на рис. 3, демонстрирующем основные модули системы и их взаимодействие. Она включает следующий набор функциональных модулей: приложение пользовательского интерфейса, сервис для работы с устройствами видеозахвата, приложение записи, приложение для экспорта данных, сервис хранения данных и базу данных.

Приложение пользовательского интерфейса обеспечивает взаимодействие с пользователем системы, адресный вывод изображения и звука на устройства отображения. Мультимедийные данные могут поступать как из архива, так и с устройств захвата видео.

Сервис для работы с устройствами видеозахвата обеспечивает прием и обработку аналоговых сигналов с внешних видеоисточников, а также возможность работы с устройствами эксклюзивного доступа.

Приложение записи выполняет кодирование и запись в архив входных видео- и аудиопотоков с устройств захвата видео.



Рис. 3. Архитектура программного обеспечения СОРАВИ

Приложение для экспорта данных выполняет функцию перекодирования выбранной части данных из архива в общедоступный мультимедийный формат.

Сервис хранения данных обеспечивает поиск в архивной базе данных необходимого фрагмента тренировки для анализа.

База данных предназначена для хранения сжатых видео- и аудиоданных в специальном оптимизированном формате, позволяющем оптимально использовать жесткие диски при записи и воспроизведении, что позволяет существенно увеличить срок службы жестких дисков. Кроме того, такой подход позволяет сократить до минимума время на позиционирование в произвольную позицию при воспроизведении. За счет использования специального формата хранения реализована возможность циклической перезаписи ранее записанных данных.

Использование отдельных приложений позволяет снизить степень влияния некорректной работы некоторых программных модулей на систему в целом. К тому же, такой подход позволяет в автоматическом режиме восстанавливать процесс записи данных в случае сбоя.

Приложения СОРАВИ реализованы на декларативном языке программирования *QML*, который является частью среды разработки пользовательского интерфейса *Qt Quick*. Особенность применения *QML* в данной системе заключается в применении его и смежных технологий не только для реализации функций графического пользовательского интерфейса, но и для реализации основной логики работы приложения. Кроме того, *QML* используется для формирования графической анимированной сцены для экспорта в один

видеопоток данных от нескольких источников. Приложения записи и экспорта также были реализованы с использованием *QML*, поскольку не имеют графического интерфейса. Инструменты *QML* позволяют удобным образом описывать правила взаимодействия между свойствами объектов, так как *QML* реализует декларативную парадигму программирования.

Для реализации конкретных функций использовался язык *C++*. Низкоуровневый функционал подразделяется на модули, которые слабо связаны друг с другом. Взаимодействие между такими модулями осуществляется за счет связей, описанных на *QML*. Таким образом, на языке *QML* описано высокоуровневое функционирование системы, что позволило существенно сократить время на ее разработку и снизить затраты на доработку и поддержку системы.

Стандартный набор функциональных модулей, предоставляемых вместе со средой разработки *Qt Quick*, достаточно обширный. В этот набор входит модуль для работы с мультимедийными данными – *QtMultimedia*, позволяющий воспроизводить видео и аудио, записывать видео с камер в файл. Но этот модуль не соответствует функциональным требованиям, необходимым для реализации системы регистрации и отображения. В первую очередь, не поддерживается одновременная запись и воспроизведение. Поэтому были разработаны модули для обработки мультимедийных данных, обеспечивающие данные функции. Для работы с мультимедийными данными используется программная платформа *Microsoft Media Foundation*, которая позволяет в полной мере использовать ресурсы графических процессоров для кодирования, декодирования и обработки видео. Для реализации этих возможностей с помощью *QML*-объектов разработан модуль *MediaSession*, который позволяет создавать различные топологии обработки и воспроизведения мультимедийных данных. Для отображения видеоданных в сцене, описанной на *QML*, разработаны модули *QtQuickSink* и *VideoView*. Модуль *QtQuickSink* реализует объект, принимающий некомпрессированные видеоданные, который можно встраивать в топологию обработчиков мультимедийных данных. Кроме того, он выполняет преобразование чересстрочной развертки в прогрессивную и преобразование цветового пространства в формат *RGBA*. Модуль *VideoView* является объектом расширения *QML*, позволяющий отображать данные из *QtQuickSink*.

Передача изображения сцены, описанной на *QML*, в топологию *Microsoft Media Foundation* осуществляется при помощи модуля *QtQuickSource*. Кроме изображения, он обеспечивает генерацию звукового сигнала, полученного микшированием нескольких источников. Такой подход позволяет выполнять экспорт записанных сигналов в виде одного файла, содержащего произвольно расположенные изображения входных источников с наложением титров. При этом сцена может быть анимированная. Например, всплывающие титры с описанием события, зарегистрированного по протоколу связи с вычислительной системой тренажера.

Работа с архивом данных осуществляется посредством библиотеки *SLPostPlay*. Взаимодействие с библиотекой обеспечивают разработанные модули расширения для *Microsoft Media Foundation*, иницирующие функции чтения и записи архивных данных. Для управления архивом и получения информации о записях реализованы *QML*-объекты. По сравнению с записью в файлы стандартного формата, запись в архив со специализированной структурой обладает рядом преимуществ:

- одновременная запись и чтение данных (записанный в архив кадр сразу же доступен для чтения);
- работа с неограниченным количеством потоков данных различных форматов (видео, аудио, метаданные и другие), синхронизированных с общим временем;
- задание приоритетов операциям записи и чтения;
- устойчивость к аварийному завершению работы (после восстановления работы большая часть данных в архиве будет доступна для чтения);
- разбиение логического пространства на несколько дисков памяти;
- настраиваемый размер буферизации данных.

Функциональные возможности системы

1. Многооконный вывод видеоданных

Встроенный многооконный процессор обеспечивает вывод данных на несколько мониторов. С помощью разработанного редактора «мозаик» можно создавать или редактировать расположение произвольного числа видеоданных на поле отображения. Удобный пользовательский интерфейс позволяет оперативно назначать видеисточники на конкретные позиции в «мозаике». Сформированные «мозаики» можно сохранять для быстрого доступа и формировать наборы «мозаик» под конкретные задачи. Имеется возможность оперативного отображения одного из источников на весь экран.

2. Регистрация до 10 каналов формата высокой четкости

Поддерживается одновременная регистрация до 10 входных видеосигналов высокой четкости со звуком в различных форматах (HD SDI/HDMI/DVI/VGA). Имеется возможность комбинировать сигналы различных типов и форматов, а также регистрировать сигналы с IP-камер.

3. Регистрация до двух звуковых каналов

Обеспечивается синхронная запись и воспроизведение данных двух аудиоканалов, принимаемых от аналоговых источников. Предусмотрена независимая регулировка уровней звука при записи и воспроизведении.

4. Одновременная регистрация и воспроизведение

Воспроизведение ранее записанных видеоданных или просмотр данных текущего процесса можно осуществлять одновременно с его записью.

5. Поиск фрагмента

Быстрый поиск фрагмента тренировочного процесса с формированием текстового комментария с помощью специальных процедур. Поддерживаются

ускоренное (10x) и замедленное воспроизведение (0.1x) и пошаговый просмотр. При воспроизведении видеоданных в чересстрочном формате используется качественный аппаратный деинтерлейсинг.

6. Эффективное использование дискового пространства

Сжатые аудио- и видеоданные хранятся в специальном оптимизированном формате, позволяющем оптимально использовать ресурс жестких дисков при одновременных функциях записи и воспроизведения, что позволяет существенно увеличить срок службы жестких дисков. Кроме того, такой подход позволяет сократить до минимума время на позиционирование в произвольную позицию при воспроизведении.

7. Высокая надежность. Автоматическое восстановление процесса записи в случае ошибок

Для повышения надежности системы предусмотрено протоколирование основных действий оператора и ошибок внутренних модулей. Кроме того, процесс записи отделен от процесса пользовательского интерфейса и процесса экспорта, что позволяет автоматически восстанавливать запись в случае экстренной остановки. Ошибки программы пользовательского интерфейса также не влияют на работоспособность системы записи, и запись продолжается даже при неактивном пользовательском интерфейсе.

Созданная для специализированного тренажера «Дон-Союз ТМА» система отображения и регистрации аудиовизуальной информации (рис. 4) позволяет расширить методические возможности комплекса и более эффективно использовать информацию о ходе тренировочного процесса как в реальном времени, так и архивированную в базе данных.



Рис. 4. Пользовательский интерфейс СОРАВИ, адаптированный к информационной системе специализированного тренажера «Дон-Союз ТМА»

Вывод

Предлагаемые унифицированные программно-алгоритмические и архитектурные решения рассмотренных систем обработки, отображения и регистрации распределенных мультимедийных данных тренировочного процесса обеспечивают простую процедуру реконфигурирования и адаптацию систем под широкий спектр задач в зависимости от количества мультимедийных источников данных и используемых средств отображения в конкретных приложениях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Морозов Б.Б., Долговесов Б.С. и др. Построение распределенной мультимедийной виртуальной среды с многоканальной визуализацией медиаданных на графических акселераторах // Программирование. – 2014. – № 4. – С. 52–62.
- [2] Долговесов Б.С., Городилов М.А., Фатьянов Ф.В., Брагин В.И. Система обработки и отображения в реальном времени распределенных мультимедийных данных для задач тренажерных комплексов РС МКС // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 10–12 ноября 2015 г. – Звездный городок, 2015. – С. 247–248.
- [3] Городилов М.А., Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Система оперативного отображения и регистрации аудиовизуальной информации для тренажера транспортного корабля // Материалы XII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 24–26 октября 2017 г. – Звездный городок, 2017. – С. 143–144.

REFERENCES

- [1] Morozov B.B., Dolgovesov B.S. and others. Creation of a Distributed Multimedia Virtual Environment With a Multi-Channel Visualization of Media Data on Graphic Accelerators // Programmirovaniye Publ. – 2014. – No 4. – pp. 52–62.
- [2] Dolgovesov B.S., Gorodilov M.A., Fatyanov F.V., Bragin V.I. System for Processing and Displaying Real-Time Distributed Multimedia Data for the Tasks of the ISS RS Simulator Complexes // Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights”, November 10–12, 2015. – Star City, 2015. – pp. 247–248.
- [3] Gorodilov M.A., Dolgovesov B.S., Shadrin M.Yu., Bragin V.I. The System of Operative Display and Registration of Audio-Visual Information for the Transport Vehicle Simulator // Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights”, October 24–26, 2017. – Star City, 2017. – pp. 143–144.

УДК 004.5; 621.865; 629.786

УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

А.В. Сергеев, М.Ю. Гук

А.В. Сергеев; М.Ю. Гук (ЦНИИ РТК)

Статья посвящена вопросу управления мобильным космическим роботом с помощью мультимодального интерфейса с использованием виртуальной реальности. Рассматривается вариант многослойной виртуальной среды с различными интерактивными элементами, предназначенными для построения траекторий движения робота.

Ключевые слова: мобильный робот, виртуальная реальность, индуцированные среды, мультимодальные интерфейсы

Mobile Space Robot Control with Use of Virtual Reality.

A.V. Sergeev, M.Yu. Gook

The paper considers the problem of controlling a mobile space robot using a multimodal interface based on virtual reality. A variant of a multi-layer virtual environment with various interactive elements intended for constructing robot motion trajectories is considered.

Keywords: mobile robots, virtual reality, induced environment, multimodal interfaces.

Внедрение робототехнических средств космического назначения является назревшей задачей. Применение роботов позволит повысить надежность и сократить стоимость эксплуатации пилотируемых космических аппаратов, преодолеть ограничения, накладываемые человеческим фактором. На международной космической станции (МКС) в 2010–2015 годах проводился космический эксперимент «Robonaut-2» по отработке антропоморфного робота для внутрикорабельной деятельности [1]. Готовится к проведению космический эксперимент «Теледроид» – «Исследование возможностей использования дистанционно управляемого антропоморфного робота для операционной поддержки деятельности космонавтов в условиях орбитального полета» [2]. Выполняющие несложные операции на внешней поверхности орбитальной космической станции мобильные роботы в перспективе могут использоваться на поверхности Луны и других планет [3].

Несмотря на повышающийся уровень автоматизации и интеллекта роботов, сохраняется потребность в средствах управления роботами с участием космонавта в условиях космического полета, что обусловлено недетерминированностью задач, решаемых робототехническими средствами космического назначения.

Одной из существенных проблем является создание высокоэффективного человеко-машинного интерфейса, позволяющего осуществлять качественное управление в условиях пониженной и нулевой гравитации и искаженной картины мира, возникающей при десинхронизации сенсорных и сенсомоторных систем человека [4]. Одним из вариантов решения данной проблемы, рассматриваемым в настоящей статье, является использование индуцированных виртуальных сред [5, 6], позволяющих спроектировать многомодальный интерфейс оператора, способный компенсировать негативные факторы, связанные с условиями космического полета, а также облегчающий управление мобильным роботом.

В настоящий момент в ЦНИИ РТК ведется разработка мобильного робота для работы на внешней поверхности российского сегмента международной космической станции (рис. 1). Робот предназначен для поддержки космонавтов, осуществляющих внекорабельную деятельность (ВнеКД). Робот должен осуществлять транспортировку и манипулирование полезным грузом массой до 200 кг, перемещаться по поручням и такелажным элементам, расположенным на внешней поверхности космической станции, проводить визуальную и контактную инспекции, выполнять технологические операции с помощью различного сменного инструмента.

Мобильный робот, расположенный на внешней поверхности космической станции, информационно связан с пультом управления внутренним, расположенным в герметичном отсеке. Роботом может управлять космонавт, находящийся на борту; к роботу также по каналам космической связи может удаленно подключаться наземный пульт оператора-ассистента, располагающийся в Центре управления полетами (рис. 2).

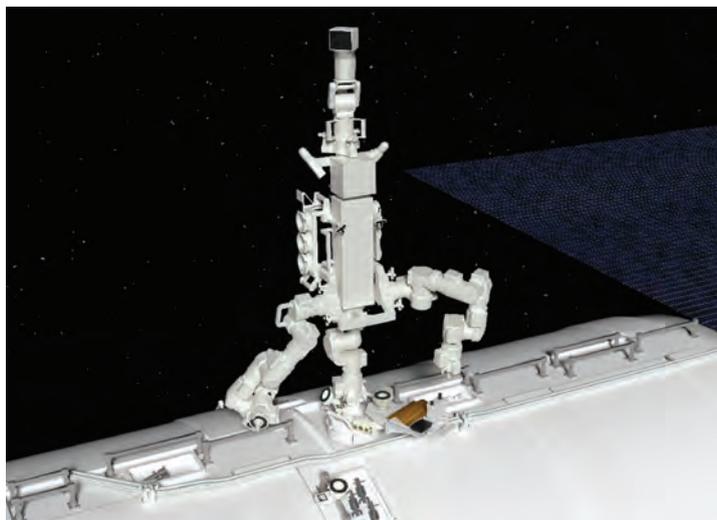


Рис. 1. Мобильный робот, разрабатываемый ЦНИИ РТК, на поверхности МКС (дизайн виртуальной модели)



Рис. 2. Система управления роботом космического назначения (проект ЦНИИ РТК)

Мобильный робот, выполняющий задачи на внешней поверхности космической станции, нуждается в средствах управления, обеспечивающих эффективное решение задач в условиях частично детерминированной окружающей среды. При этом к роботу предъявляются высокие требования по обеспечению безопасности выполняемых работ.

Мобильный робот обладает множеством различных исполнительных механизмов и датчиков, которые потребляют и генерируют большое количество данных. Для передачи этих данных внутри системы управления проектируются высокоскоростные каналы, обеспечивающие доставку данных с минимальной задержкой. Когда в контур управления роботом включается человек с его физиологическими ограничениями, возникает проблема понимания оператором состояния робота, окружающей обстановки и реагирования в реальном времени.

Для решения этой проблемы предлагается использование иммерсивного многомодального интерфейса, который погружает оператора в виртуальную реальность и создает у него эффект присутствия. Манипуляции, совершаемые с помощью такого интерфейса естественны для человека. Виртуальная среда является носителем обратной связи, и события в ней связаны с событиями и предметным миром некоторой реальной среды. Динамически производится реконструкция на основе априорной (по трехмерным моделям робота и космической станции) и апостериорной (поступающей по каналам связи) информации. Среда представляет собой перцептивную копию искусственного мира. Содержание этого мира определяет эффективность деятельности оператора и создается методами инженерно-психологического проектирования [5, 7].

В данной работе рассматривается вариант организации виртуальной среды для космонавта, которая также может использоваться наземным оператором-ассистентом. Поведение мобильного робота имитируется с помощью упрощенной математической модели.

Устройства

Виртуальная реальность для оператора представляется с помощью шлема Oculus Rift, обеспечивающего изображение с разрешением 1200 x 1080, частотой обновления кадров 75 Гц, углом обзора 110° для каждого глаза. Встроенные в шлем наушники и микрофон формируют аудиоканал и могут использоваться для речевого диалога между операторами. Аудиоканал также может обеспечивать многомодальность интерфейса со звуковой сигнализацией и автоматически генерируемыми голосовыми сообщениями. Положение и ориентация рук оператора отслеживается с помощью задающих джойстиков, которые он держит в руках во время работы. Положение пальцев рук определяется по степени нажатия кнопок джойстиков.

В настоящий момент в ЦНИИ РТК разрабатывается семистепенное задающее устройство (рис. 3), которое позволит совершать манипуляции с возможностью силомоментного оцувствления. Семь степеней подвижности позволяют отслеживать положение и ориентацию рук космонавта в пространстве и контролировать указательным пальцем усилие, развиваемое хватным устройством робота. Силомоментное оцувствление задающего манипулятора позволяет оператору ощутить воздействия окружающей среды (касание, упругость) в процессе выполнения роботом контактной операции, а также давать ему тактильные подсказки, например, о приближении к пределу допустимой рабочей зоны.

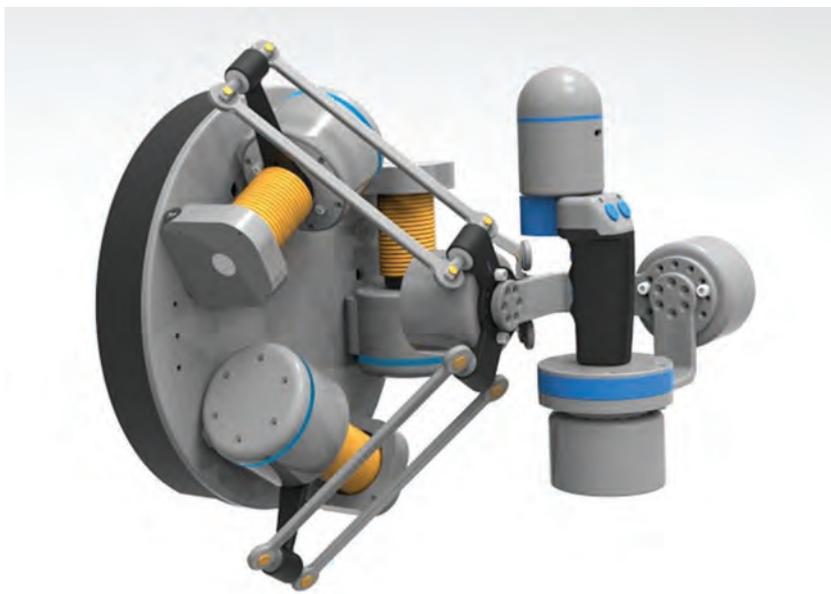


Рис. 3. Семистепенное силомоментное задающее устройство (трехмерная модель)

Виртуальная индуцированная среда

Создаваемая в интерфейсе управления виртуальная среда разделяется на три функциональных слоя, условно называемые: физический слой, слой оператора и целевой слой.

Физический слой повторяет в виртуальной форме представления о содержании физического мира, включая поверхность космического аппарата, робот космического назначения и динамические объекты (полезные грузы, космонавты). Элементы физического слоя подчиняются законам физического мира (кинематика, динамика, взаимодействие тел). На все остальные слои виртуальной среды ограничения физического мира не налагаются, они создаются по другим законам.

Слой оператора содержит все двумерные и трехмерные интерфейсы, связанные с оператором: доступные ему информационные и управляющие панели, различные меню, панели изображений с видеокамер робота, телеметрическую информацию, поступающую по каналам связи.

Оператор как «внешний виртуальный наблюдатель» имеет возможность беспрепятственно перемещаться по всему объему виртуального пространства и даже проходить сквозь объекты, включать и отключать отображение отдельных объектов, модулей станции и даже слоев целиком, что позволяет ему подбирать наиболее удобные положения для наблюдения за происходящими процессами. Также оператору предоставляется возможность наблюдения в неоптических диапазонах. Например, оператор может использовать режим окрашивания всех частей робота в цвета, соответствующие показаниям температурных датчиков в соответствующих частях.

Оператор может выстроить все двумерные интерфейсы вокруг себя в цилиндр с радиусом в 1,5–2 метра, образовав таким образом виртуальный «рабочий стол» – привычный для всех пользователей компьютера двумерный интерфейс, пользоваться которым можно с помощью «лазерной указки», выполняющей функцию указателя – аналога компьютерной мыши. При перемещении оператора по виртуальному пространству его «рабочий стол» перемещается вместе с ним.

Целевой слой создаваемой виртуальной среды содержит в себе интерактивные элементы, необходимые для планирования и контроля выполняемых операций, а также своеобразные «ручные инструменты» – эффекторы, позволяющие осуществлять действия «по месту» в виртуальном пространстве. Поскольку эффекторы привязаны к положению физических объектов, то фактически оператор назначает цели для робота в физическом мире. Также к этому слою относятся трехмерные модели робота, демонстрирующие возможное движение или положение робота в ходе выполнения планируемой траектории движения.

Выключая операторский и целевой слои, оператор видит только трехмерную модель, соответствующую текущему состоянию реального робота и окружающей его физической среды. Включение целевого слоя добавляет

трехмерные объекты, показывающие планирование движений и операций (предыдущие, текущие и возможные будущие). Включение слоя оператора добавляет отображение текущей информации и инструменты управления роботом. На этом слое оператор имеет возможность получать детальную информацию по любому элементу робота и управлять им как в отладочном режиме (без движения реального робота), так и в режиме реального управления.

Элементы индуцированной среды

Для обеспечения эффективной деятельности оператора используются эффекторы – виртуальные исполнительные органы, позволяющие оператору производить взаимодействие с виртуальными объектами способами, используемыми в реальности с физическими объектами. Например, брать рукой, перетаскивать с места на место, задавать ориентацию и т.п. Эффекторами могут быть, например, маркеры, указывающие точки траектории, по которым должен пройти рабочий орган манипулятора или сменного инструмента (рис. 4). Эффектор для изменения положения объекта (рис. 5) отображает его положение и ориентацию в пространстве. Если проводить пальцем виртуальной руки оператора по одной из осей эффектора, то управляемый им объект будет перемещаться вдоль соответствующей оси. Для изменения ориентации объекта ось нужно вращать. Тем самым реализуется новый способ управления виртуальным объектом в пространстве как аналог директивного управления.

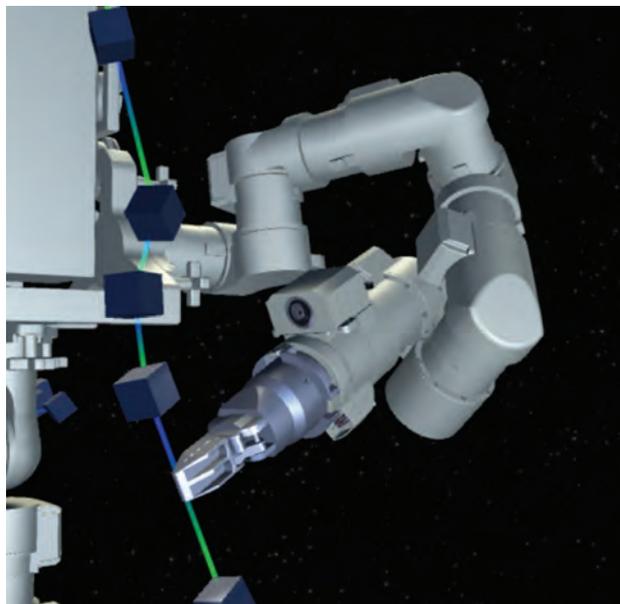


Рис. 4. Задание траектории движения с помощью маркеров

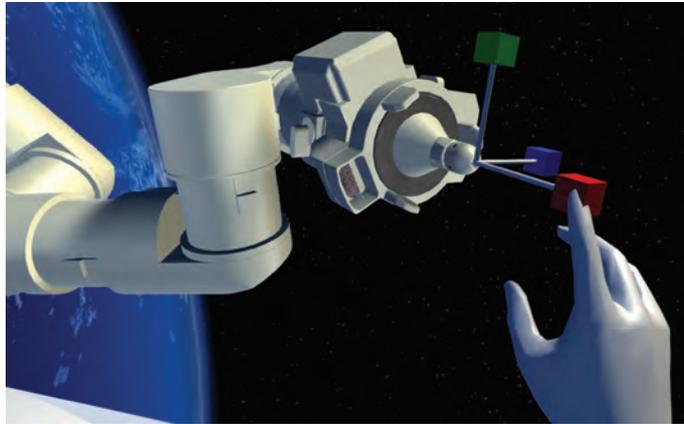


Рис. 5. Задание положения манипулятора с помощью эффектора

Для лучшего ориентирования в виртуальном пространстве оператору предоставляется эффектор «рулетка», позволяющий измерять расстояние (рис. 6). Два маркера перемещаются, как и любые другие целевые объекты, путем перетаскивания, а дисплей рулетки показывает расстояние между центрами двух маркеров. Возможно отображение расстояний по отдельным осям глобального пространства. Привязка маркера к движущемуся объекту позволяет контролировать расстояние в реальном времени.

Эффектор может иметь собственный двумерный интерфейс для вывода двумерной информации (цифры, текст, графика, видео и др.). Эта информация может быть закреплена на виртуальной руке оператора или трехмерной модели инструмента. Этот способ построения системы отображения текущей информации на руке оператора может расцениваться как аналог прибора, располагаемого на скафандре космонавта.

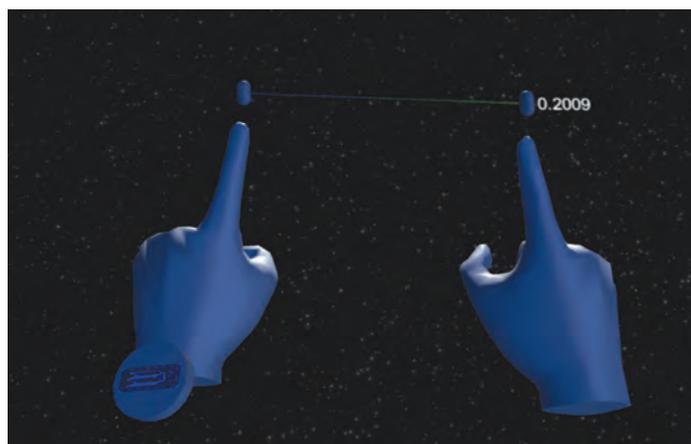


Рис. 6. Эффектор «рулетка» для измерения расстояния

Также панель с информацией может быть расположена на рабочем столе или размещена как метка, прикрепляемая к объекту виртуального пространства.

Недостатком управления роботом через виртуальную среду является то, что виртуальная среда создается на основании информации о физическом мире, которой владеет система управления, и она может быть неполной или недостоверной, что может приводить к неправильному определению текущих и задаваемых координат. В случае космического робота наличие трехмерных моделей космической станции и робота, безлюфтовое закрепление робота на такелажном элементе и системы технического зрения снижают риск такого несоответствия до минимума.

Выводы

В результате инженерно-психологического анализа и проектирования создана виртуальная среда управления мобильным космическим роботом, содержащая эффекторные элементы управления, позволяющие управлять миссией робота в реальном и отложенном времени с предвидением положений его рабочих органов в пространстве.

Разрабатываемый 3D-интерфейс может использоваться на всех стадиях жизненного цикла робота: проработка конструкции, обучение операторов, планирование целевых операций, ручное управление в реальном времени, наблюдение за выполнением автоматических операций, воспроизведение ранее выполненных действий, воспроизведение и анализ нештатных ситуаций.

Эффективность интерфейса подтверждается его экспериментальной отработкой в лабораторных наземных условиях. Однако возможность и эффективность использования элементов интерфейса в условиях микрогравитации подлежит исследованию. По результатам исследований планируется определить набор аппаратно-программных средств, позволяющий эффективно решать задачи управления с борта космического аппарата, исходя из принципа разумной достаточности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] M.A. Diftler [et al.] Robonaut 2 – Initial activities on-board the ISS / M.A. Diftler; T.D. Ahlstrom; R.O. Ambrose; N.A. Radford; C.A. Joyce; N. De La Pena; A.H. Parsons; A.L. Noblitt // 2012 IEEE Aerospace Conference, doi: 10.1109/AERO.2012.6187268
- [2] Космический эксперимент «Теледроид»: «Исследование возможностей использования дистанционно управляемого антропоморфного робота для операционной поддержки деятельности космонавтов в условиях орбитального полета» / А.В. Гребенщиков, О.А. Сапрыкин // Электронный ресурс URL: knts.tsniimash.ru/ru/src/Conf_InfRes/ГРЕБЕНЩИКОВ_А_В-пер.pdf доступ свободный. Дата 2017.08.30.
- [3] Лысый С.Р. Научно-технические проблемы и перспективы развития робототехники специального (космического) назначения // Труды международной научно-практической конференции «Экстремальная робототехника» – 2015. – 2016. – С. 29–32.

- [4] Сергеев С.Ф., Падерно П.И., Назаренко Н.А. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011 – 108 с.
- [5] Сергеев С.Ф. Эргономические проблемы проектирования интерфейса на базе индуцированных виртуальных сред // Мир Авионики. – 2006. – № 3. – С. 62–67.
- [6] Сергеев С.Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011 – 258 с.
- [7] Сергеев С.Ф. Эргономика иммерсивных сред: методология, теория, практика: дис. докт. псих. наук: 19.00.03: защищена 7.04.10: утв. 28.01.11. – СПб, 2010. – 420 с.

REFERENCES

- [1] M.A. Diftler [et al.] Robonaut 2 – Initial Activities on-board the ISS / M.A. Diftler; T.D. Ahlstrom; R.O. Ambrose; N.A. Radford; C.A. Joyce; N. De La Pena; A.H. Parsons; A.L. Noblitt // 2012 IEEE Aerospace Conference, doi: 10.1109/AERO.2012.6187268
- [2] Space Experiment “Teledroid”: “Study of the Use of a Remotely Controlled Anthropomorphic Robot for Operation Support of Cosmonauts’ Activity under Conditions of Orbital Flight” / A.V. Grebenshikov, O.A. Saprykin // Electronic source URL: knts.tsnimash.ru/ru/src/Conf_InfRes/ГРЕБЕНЩИКОВ_А_В-пер.pdf free. 2017.08.30.
- [3] Lysy S.R. Scientific and Technical Issues and Prospects of Development of Special-Purpose (Space) Robotics // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Extreme Robotics” – 2015. – 2016. – pp. 29–32.
- [4] Sergeyev S.F., Paderno P.I., Nazarenko N.A. Introduction to Design of Smart Interfaces: Textbook. – St. Petersburg: SP6GU ITMO, 2011 – P. 108.
- [5] Sergeyev S.F. Ergonomic Issues of Designing an Interface Based on Immersive Virtual Environments // Journal “Mir Avioniki”. – 2006. – No 3. – pp. 62–67.
- [6] Sergeyev S.F. Introduction to Engineering Psychology and Ergonomics of Immersive Environments: Textbook. – St. Petersburg: SP6GU ITMO, 2011 – P. 258.
- [7] Sergeyev S.F. Ergonomics of Immersive Environments: Methodology, Theory, Practice: thesis of Dr of Psychology: 19.00.03: upheld 7.04.10: approved 28.01.11. – St. Petersburg, 2010. – P. 420.

УДК 613.693+573.52

**К ВОПРОСУ О КОМПОНОВКЕ
БОРТОВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕИ
ДЛЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ**

Ю.А. Беркович, С.О. Смолянина, А.Г. Железняков, А.С. Гузенберг

Докт. техн. наук, профессор Ю.А. Беркович;
канд. биол. наук С.О. Смолянина (ГНЦ РФ–ИМБП РАН)
А.Г. Железняков; канд. техн. наук А.С. Гузенберг
(ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва»)

В статье обсуждаются различные варианты бортовых оранжерей для обогащения рациона космонавтов свежей витаминной зеленью. Обоснованы преимущества космических оранжерей с высшими растениями перед установками для проращивания зерна злаковых культур и микроводорослевыми культиваторами. В ряде конструкций отечественных и зарубежных оранжерей, способных работать в условиях космического полета, выделены два основных класса: с плоскими и выпуклыми посадочными поверхностями. Приведено сравнение конструктивных и эксплуатационных характеристик, выявившее преимущества конвейерной космической оранжереи с цилиндрической посадочной поверхностью для выращивания овощных культур на борту пилотируемого космического аппарата.

Ключевые слова: пилотируемые космические корабли, космическая оранжерея, цилиндрическая посадочная поверхность, овощные культуры.

**Revisited the Configuration of Space Greenhouse for Manned
Space Vehicles. Yu.A. Berkovich, S.O. Smolyanina,
A.G. Zheleznyakov, A.S. Guzenberg**

The paper discusses various options for space greenhouses to enrich the cosmonauts' diet with fresh vitamin greens. The advantages of space greenhouses with higher plants as compared with installations for germinating cereals and microalgae cultivators are substantiated. In a number of designs of domestic and foreign greenhouses, capable of operating in space flight conditions, two main classes are distinguished: with flat and convex planting surfaces. A comparison between the design and operational characteristics has revealed the advantages of a conveyor space greenhouse with the cylindrical planting surface for growing vegetable crops aboard a manned space vehicle.

Keywords: manned spacecraft, space greenhouse, cylindrical planting surface, vegetable crops.

«Стратегия российской пилотируемой космонавтики на период до 2035 года», опубликованная в 2015 году, называет в числе главных научно-технических проблем дальнейшего освоения космоса «создание медико-биологического задела для пилотируемых полетов к Луне, астероидам и Марсу и создания

на них обитаемых комплексов (баз)». Ближайшей стратегической задачей в области космической политики нашей страны является создание стационарной космической станции на окололунной орбите с последующим построением лунной базы [32]. Технические решения и технологии, созданные в ходе решения данной задачи, будут положены в основу создания транспортного марсианского корабля (ТМК) и подготовки полета к Марсу.

Важным условием успешного освоения человеком космоса является создание систем жизнеобеспечения (СЖО) с высокой степенью замкнутости круговорота веществ. По мнению ряда специалистов, такие СЖО могут быть биолого-техническими (БТСЖО), т.е. иметь в своем составе одно или несколько биологических звеньев [16, 24, 18]. В научной литературе описан ряд вариантов БТСЖО, в различной степени воспроизводящих биомассу для пищевого рациона космонавтов за счет культивирования растений и животных на борту пилотируемого космического аппарата (ПКА) [6, 12, 13, 15, 17, 19, 27, 29]. Для реализации такой задачи требуются как оценки вариантов видовой структуры БТСЖО, так и проверка в условиях космических полетов возможности существования и размножения перспективных видов растений и животных. Следует отметить, что проблема воспроизводства животной части рациона внутри космических БТСЖО к настоящему времени исследована недостаточно. Одним из наиболее успешных экспериментов в этой области является разведение гусениц шелкопряда или мучных червей в китайской наземной установке «Lunar Palace» с полномасштабной моделью БТСЖО. Члены экипажа разводили насекомых на растительных отходах, после чего употребляли их в пищу в жареном или отваренном виде [17]. Предварительные оценки эквивалентной массы оборудования показали, что модели БТСЖО, включающие высших животных, будут иметь значительно большую эквивалентную массу по сравнению с моделью, построенной на основе лишь фотоавтотрофных организмов и звена переработки растительных отходов [4, 12, 21]. Вследствие этого в настоящее время интенсивно исследуются модели БТСЖО, в которых растительная часть пищевого рациона космонавтов воспроизводится частично или полностью за счет культивирования растений.

Идея использовать в БТСЖО низшие фотоавтотрофы (хлорелла, спирулина и ряд других), культивируя их на минеральных элементах из отходов жизнедеятельности экипажа (азот мочи, ряд химических элементов из растворимых загрязнителей воздуха), не оправдала надежд, поскольку выращенная биомасса при употреблении даже в малых количествах, 20–50 г/(чел./сут.), вызывала у испытуемых тяжелые аллергические реакции, являясь, по существу, практически не утилизируемым отходом [7, 13]. Предложение использовать микроводорослевый культиватор в составе космической СЖО в качестве поглотителя CO_2 , генератора кислорода и биологического фильтра от жидких и газовых загрязнителей [27] вряд ли целесообразно ввиду, во-первых, его неконкурентоспособности с соответствующими физико-

химическими аппаратами по критерию минимума эквивалентной массы, а во-вторых, из-за необходимости складировать или как-то утилизировать на борту выращенную несъедобную биомассу.

Нецелесообразным представляется также предложение использовать для снабжения космонавтов витаминами на борту пилотируемого космического аппарата (ПКА) установку для получения проростков из семян злаковых растений и/или культиватор для выгонки зелени из луковиц и корнеплодов [9]. Во-первых, длительное хранение на борту семян и особенно посадочного материала для выгоночных культур требует наличия дополнительной камеры со специальными контейнерами, оборудованной системами терморегулирования, вентиляции и очистки воздуха от газообразных выделений и микрофлоры. Это обстоятельство следует учитывать при расчете энергетических и массогабаритных подобных установок. Во-вторых, при данном способе получения витаминной зелени масса проростков нарастает не в результате фотосинтеза, а главным образом за счет веществ, запасенных в семенах, луковицах или корнеплодах, и воды (из бортовых запасов). Таким образом, питание экипажа в этом случае обеспечивается только из взятых с Земли запасов, и регенерация пищевых веществ, даже частичная, на борту не осуществляется. Кроме того, в пищу можно будет употребить только часть от массы запасенного посадочного материала, другая часть будет несъедобна и уйдет в отходы. Отходы могут составлять 25–35 %, особенно при выращивании проростков злаковых культур, которые пригодны в пищу лишь в возрасте 2–3 суток, после чего их усвояемость резко снижается [5]. Вследствие этого требуемый запас семян, луковиц или корнеплодов всегда будет превышать съедобную массу полученной зелени. Наконец, важно отметить, что проращиваемые семена и корнеплоды являются идеальным субстратом для развития грибной и бактериальной микрофлоры. Это потребует тщательного микробиологического контроля получаемой продукции и регулярной стерилизации оборудования.

С другой стороны, включение в БТСЖО современного космического корабля полноразмерной пищевой космической оранжереи (КО) с высшими растениями, обеспечивающей воспроизводство растительной части пищевого рациона экипажа, регенерацию атмосферы и воды, а также утилизацию бортовых отходов потребует наличия на борту энергетической установки мощностью в сотни киловатт [1]. Принимая во внимание энергетические ресурсы проектируемых кораблей для лунной орбитальной станции и межпланетных полетов, следует признать, что в настоящее время наиболее реальной задачей является включение в БТСЖО относительно малоэнергоемких и малогабаритных овощных оранжерей для обеспечения экипажей естественными витаминами – наиболее дефицитными и трудно сохраняемыми компонентами питания [15, 25]. По мере культивирования посевов в КО масса запасенных семян будет прирастать за счет фотосинтеза в каждой вегетации на 2–3 порядка (в зависимости от выбранной культуры). Соответственно,

приведенная масса КО будет постепенно «окупаться» по мере увеличения периода работы оранжереи и получения в ней новых порций съедобной биомассы.

Целью данной работы является сравнение различных вариантов компоновки космических оранжерей для обогащения рациона космонавтов свежей витаминной зеленью.

Сравнение и обсуждение различных конструкций КО и агротехнологий применительно к условиям микрогравитации

Анализ известных конструкций КО показал, что можно выделить две альтернативные концепции компоновки оранжерейных устройств для пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций – на плоской либо на выпуклой (например, цилиндрической) посадочной поверхности [1, 31]. Компоновка на плоской посадочной поверхности была реализована, например, в КО «Лада» (рис. 1). Вариантом компоновки КО с плоской посадочной поверхностью являются также многоярусные оранжереи с корневыми модулями в форме прямоугольных параллелепипедов и расположенными над ними на каждом ярусе светильниками [23, 26]. Такая конструкция была предложена, например, в нереализованном проекте американской «Салатной машины», встроенной в стандартный локер для «Шаттла», а в другой модификации – для американского оранжерейного модуля для лунной форпостной базы (рис. 2, 3).



Рис. 1. Космическая оранжерея «Лада»:
1 – вегетационная камера; 2 – светильник;
3 – корневой модуль с растениями;
4 – блок контроля и управления; 5 – емкость для воды

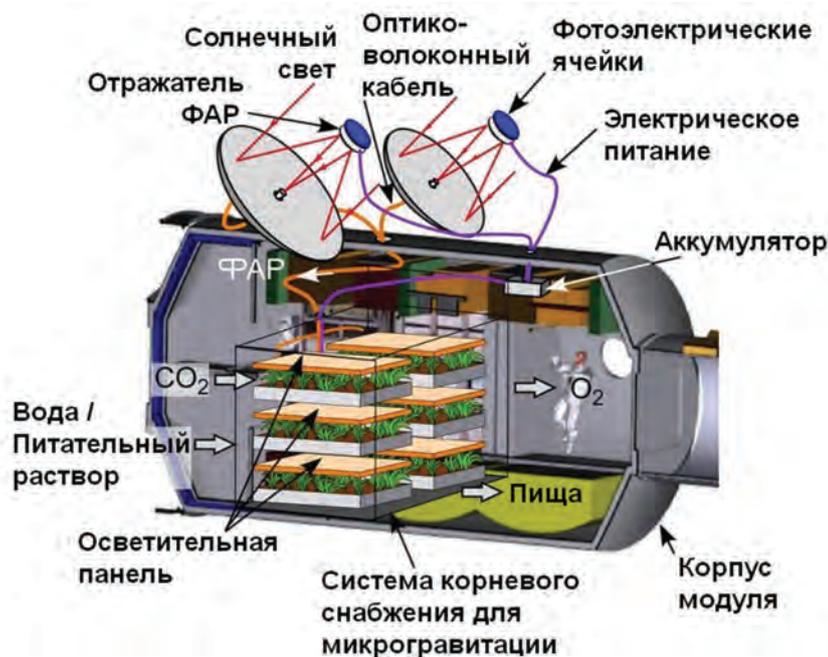


Рис. 2. Оранжерейный модуль для форпостных космических баз с многоярусной компоновкой посадочных ванн

Примером компоновки на выпуклой цилиндрической посадочной поверхности являются конвейерная оранжерея «Фитоцикл» (рис. 4) и проектируемая КО «Витацикл-Т».

Выбор компоновки вегетационной камеры в значительной степени обуславливает такие важнейшие характеристики космической оранжереи, как масса, удельный объем, энергопотребление и трудозатраты на обслуживание при заданной производительности. Нестандартная форма вегетационной камеры и формирование посева растений на выпуклой цилиндрической посадочной поверхности, предложенные для проектируемой КО «Витацикл-Т», вызывают в настоящее время ряд вопросов [10, 11, 14].

Основные из них сводятся к следующим моментам.

1) «Двукратная экономия удельного объема оранжереи на растение теряет смысл, поскольку на современных ПКА оборудование располагается в локерах унифицированных стоек, а туда рациональнее вписать многоярусную КО, подобную «Салатной машине».

На самом деле, ни КО «Свет», ни КО «Лада» не были размещены в локерах на борту орбитальных станций. Компоновка ПКА для лунной и марсианской программ пока не определена, но важно отметить, что для оранжерей большого объема размещение вне локеров является предпочтительным, так как облегчает доступ к рабочей зоне и техническое обслуживание КО.

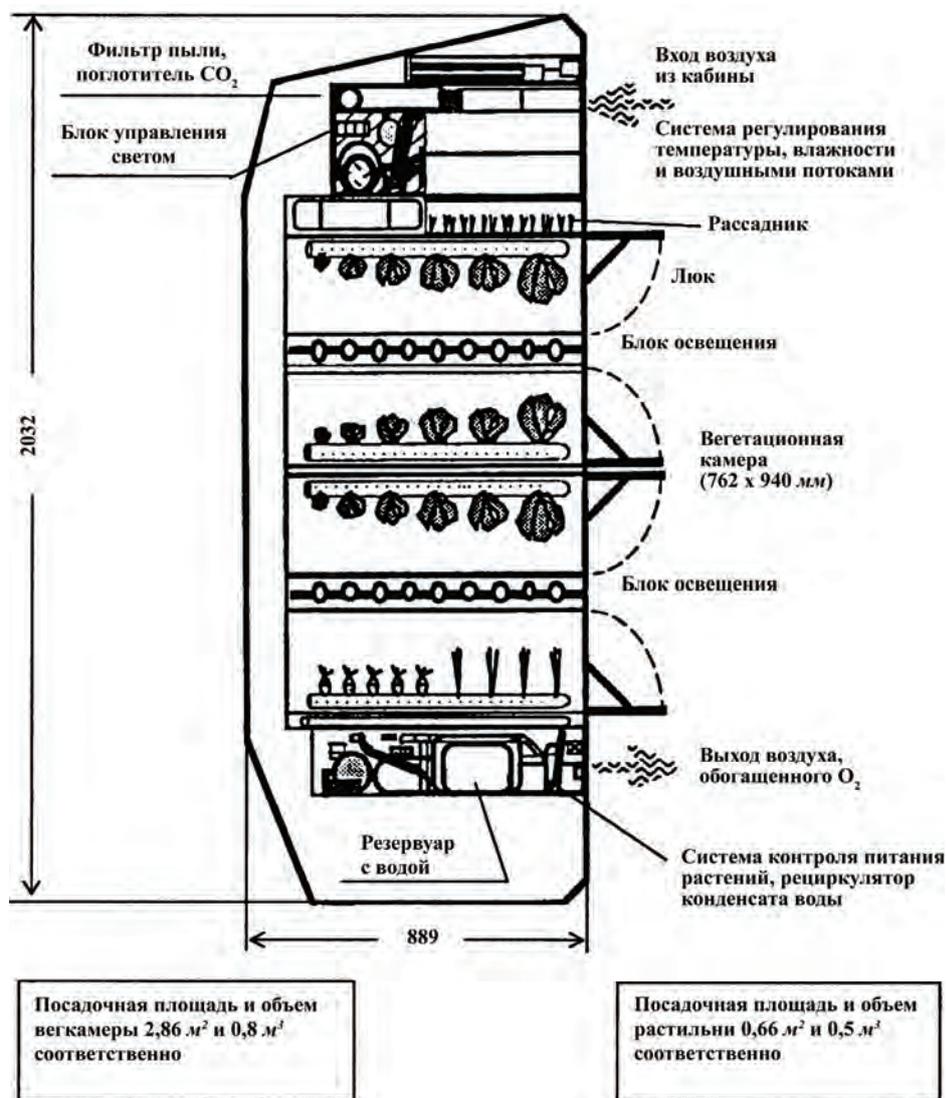


Рис. 3. Конструктивная схема витаминной космической оранжереи «Салатная машина» (НАСА) в составе стандартной двойной стойки для «Шаттла»

2) «Удельный объем субстрата на растение в корневых модулях «Вита-цикл-Т» сокращен в 6 раз по сравнению с плоской компоновкой, а это приведет к сокращению запаса нутриентов в модуле и сократит срок его эксплуатации».

Оптимальный объем корнеобитаемой зоны в цилиндрических оранжереях зависит от архитектуры выращиваемых растений (соотношения массы и длины корней и надземной части) и конструкции корневого модуля, поэтому не является постоянной величиной [4]. Экспериментально показано,

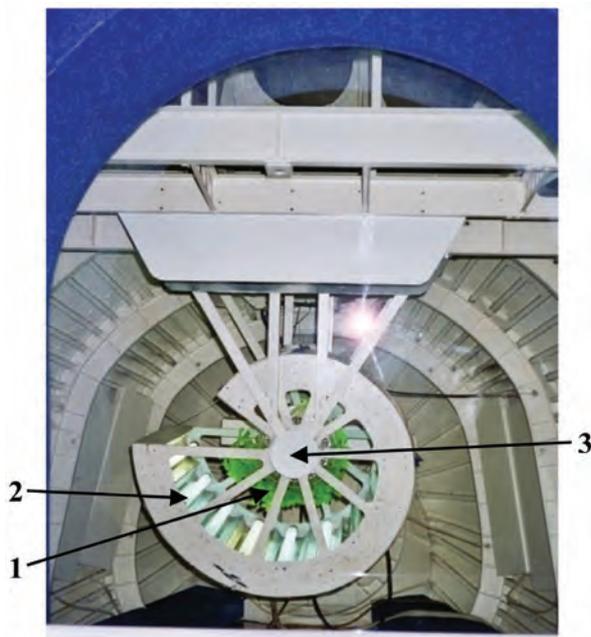


Рис. 4. Цилиндрическая конвейерная оранжерея «Фитоцикл»:

- 1 – конвейерный посев листовая капусты на цилиндрической посадочной поверхности;
- 2 – вогнутый цилиндрический светильник; 3 – кронштейн

что уменьшение объема корнеобитаемой зоны само по себе не является причиной снижения урожая [28]. Например, для снижения удельного объема вегетационной камеры американской КО «Веджи» на единицу массы урожая было рекомендовано при выращивании сладкого перца уменьшить объем корнеобитаемой зоны с 1500 до 250 мл/растение. Ограничения на уменьшение объема корневого модуля существенны, когда весь запас минеральных солей, требуемых для получения заданного урожая, депонирован непосредственно в корнеобитаемой зоне, так как внесение высоких доз удобрений в корневой модуль малого объема почти неизбежно приводит к засолению ПЗ, угнетению роста и возможной гибели растений в начале вегетации. Такой метод депонирования удобрений в корневом модуле является существенным недостатком КО «Свет», «Лада» и «Веджи». Именно ограничение по внесению удобрений в корневой модуль «Лады» (не более 144 г/модуль) не позволило вырастить суммарно более 730 г сырой биомассы листовых культур за 68 суток, и более 1014 г за 170 суток вегетации при использовании в качестве корнеобитаемой среды ионитного соленасыщенного почвозаменителя Биона-312 и гранульной керамической среды «Турфейс», соответственно. Сухая масса корнеобитаемой среды в корневом модуле составила 3,6 кг для Биона-312 и 4,8 кг – для «Турфейса» [11]. Согласно расчетам, для

данной системы корневого питания масса доставляемых расходных материалов не может быть существенно уменьшена даже при применении наиболее легких субстратов типа агроперлита или волокнистых ионообменных почвозаместителей. Для обеспечения двух членов экипажа витаминами С и А (100 г свежей зелени/сут., или 36,5 кг/год) при таком способе корневого питания необходимо доставлять на борт более 600 кг турфейса или 355 кг ионита Биона-312 в год, не считая запчастей, упаковки и т.д.

Принципиально иная схема системы корневого питания реализована в проектируемой цилиндрической КО «Витацикл-Т». Основной запас удобрений здесь депонирован не в корневом модуле, а в обогатительном патроне с гранулированным ионитом Биона-312 и в сменном картридже с медленно действующими удобрениями (МДУ) [3]. Приготовление питательного раствора осуществляется при прохождении воды через обогатительные патроны с автоматическим регулированием электропроводимости полученного раствора. Сами корневые модули заполнены волокнистым ионитом Биона-В3 в количестве около 75 г/модуль при общей массе корневого модуля в сухом состоянии около 250 г. В наземных экспериментах предложенная система позволила получать средние урожаи листовых овощей 180 г с каждого модуля. По предварительным оценкам, для такой КО с годовой производительностью 16,4 кг сырой биомассы годовой запас волокнистого ионита и корневых модулей составит не более 10 кг, а запас картриджей – не более 6 кг. Таким образом, уменьшение объема корневых модулей в КО «Витацикл-Т» не приводит к дефициту минеральных элементов в корнеобитаемой среде, увеличивая при этом срок эксплуатации корневого модуля.

3) «Площадь посевной поверхности и объем зоны расположения основной массы листьев сокращается в 3 и 2 раза, соответственно, что создает неблагоприятные условия для растений (нарушение температурно-влажностного режима и газообмена)».

Кратность сокращения посадочной площади и объема ростовой камеры в цилиндрической КО зависит от густоты посадки и высоты выращиваемых растений и не может быть постоянной величиной. Для посевов листовых овощных культур, планируемых для выращивания в КО «Витацикл-Т», поддержание адекватных условий температурно-влажностного режима и газообмена растений легко обеспечивается принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с радиальным направлением потоков воздуха, рассчитанной из условий обеспечения как тепло- и влагосъема в посевах, так и достаточного для фотосинтеза притока углекислого газа к растениям.

4) «Электроэнергия в светильнике КО «Витацикл-Т» используется менее эффективно из-за одностороннего потока световой энергии».

Организация двухстороннего светового потока, предложенная для газоразрядных ламп в американском проекте «Салатная машина» [23], не имеет никаких преимуществ при использовании светодиодных (СД) светильников, обеспечивающих плоский односторонний фронт светового потока. Более

высокая (приблизительно на 30 %) эффективность вогнутого светильника в цилиндрической оранжерее по сравнению с плоским светильником была доказана как путем математического моделирования светораспределения в посевах, так и путем прямых измерений в вегетационных опытах [4].

5) «Отсутствует возможность разделения вегетационной камеры оранжереи на отдельные секции, что делает проблематичным одновременное выращивание различных видов растений из-за аллелопатических воздействий и способствует распространению патогенных микроорганизмов».

Отсутствие негативных аллелопатических воздействий как по газовой среде, так и по корневым выделениям между листовыми овощными культурами, для которых предназначена оранжерея «Витацикл-Т», многократно продемонстрировано в вегетационных экспериментах [4]. Анализ микробной обсемененности поверхностей корпуса в прототипе цилиндрической КО «Фитоцикл-СД» не выявил превышения нормативов, хотя растения и были угнетены из-за внешних газовых загрязнителей в экспериментальном модуле [2]. Для выращивания видов растений, существенно различающихся по архитектонике и требованиям к условиям среды, для марсианского транспортного корабля было предложено использовать модульную конструкцию КО со специализированными цилиндрическими модулями, отличающимися по габаритам (рис. 5) [15].

6) «Возникает необходимость введения дополнительных механизмов и устройств для вращения вегетационного сосуда, что снижает характеристики надежности».

Вращение вегетационного модуля «Витацикл-Т» вокруг горизонтальной оси необходимо лишь на этапе наземных предполетных испытаний для нейтрализации гравитропического изгиба побегов растений. В невесомости вегетационная камера КО закрепляется неподвижно, поэтому привод вращения не требуется.

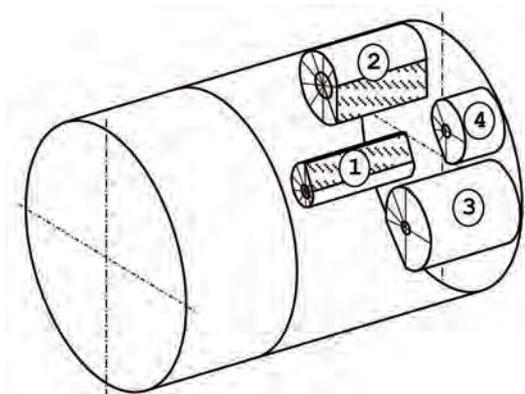


Рис. 5. Схематическая компоновка модулей овощной КО в отсеке гипотетического марсианского транспортного корабля: 1 – салатный модуль; 2 – морковный модуль; 3 – томатный модуль; 4 – перечный модуль

7) «Отсутствует возможность наблюдения за растениями, что снижает положительный психологический эффект от растений».

При выращивании посевов в интенсивной светокультуре растения не должны быть все время открыты наблюдению, поскольку в этом случае потоки светодиодного излучения с плотностью фотонов свыше $350 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2\text{с})$ при длительном воздействии могут утомлять зрение космонавта. Для периодического наблюдения за растущими растениями и оказания психологического воздействия в КО «Витацикл-Т» предусмотрен открывающийся прозрачный люк со шторками.

8) «Удельная продуктивность оранжереи «Лада» по отношению к объему используемого оборудования выше, чем в проектируемой КО «Витацикл-Т».

Это утверждение основано на расчетах, в которых суммарный объем трех основных блоков оранжереи «Витацикл-Т» был принят равным $0,29 \text{ м}^3$ вместо $0,18 \text{ м}^3$, согласно техническому заданию.

Подводя итог сравнительному анализу описанных компоновок КО, следует отметить, что конструкция и, соответственно, технология культивирования растений в исследовательских оранжереях «Свет» и «Лада» (в которых были получены ценные научные результаты) не являются перспективными для производственных витаминных КО. Основными недостатками оранжерей этого типа являются:

- сложность поддержания адекватных условий корневого питания, увлажнения и аэрации корневой зоны при значительном увеличении размеров корневого модуля;

- необходимость доставки на борт расходной корнеобитаемой среды в количестве, в десятки раз превышающем по массе выращенный урожай;

- сравнительно низкая энергетическая эффективность посевов при плоской форме посадочной поверхности и светильника. Нецелесообразным представляется также предложение доставлять на борт ПКА многие десятки вегетационных блоков от КО «Лада» для получения суточной нормы основных витаминов для экипажа, поскольку это неизбежно приведет к неоправданному возрастанию удельной массы, объема и трудозатрат экипажа на обслуживание оборудования КО на единицу массы получаемой растительной продукции. Цилиндрическая компоновка и конвейерная технология выращивания посевов, предложенные для КО «Витацикл-Т», позволяют избежать отмеченные ограничения на пути создания штатной витаминной оранжереи для пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций.

Выводы

1. В настоящее время актуальной является задача обеспечения экипажей перспективных пилотируемых космических аппаратов богатой витаминами овощной продукцией, выращенной в малоэнергоемких и малогабаритных бортовых оранжереях.

2. Проектируемая производственная конвейерная цилиндрическая космическая оранжерея «Витацикл-Т» позволяет, по сравнению с традиционными оранжереями с плоской посадочной поверхностью, увеличить удельную производительность на единицу потребляемой энергии и занимаемого объема, уменьшить объем корнеобитаемой зоны растений и массу расходных материалов без снижения продуктивности, усовершенствовать систему регулирования подачи удобрений в корнеобитаемую зону, а также организовать процесс выращивания растений по принципу ротационного конвейера, сократив трудозатраты на обслуживание и избежав проблем, связанных с хранением урожая.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беркович Ю.А., Синяк Ю.Е., Смолянина С.О., Кривобок Н.М., Ерохин А.Н., Романов С.Ю., Гузенберг А.С. Энергетические потребности для производства растительной пищи в длительных пилотируемых космических экспедициях // Известия Академии наук. Энергетика. – 2009. – № 1. – С. 27–35.
- [2] Беркович Ю.А., Ерохин А.Н., Зяблова Н.В., Кривобок А.С., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Мухамедиева Н.М., Пахомова А.А., Новикова Н.Д., Поддубко С.В., Корсак И.В. Итоги эксперимента «Салатная машина» в рамках проекта «Марс-500» // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2012. – Т. 46(5). – С. 59–64.
- [3] Беркович Ю.А., Кривобок А.С., Кривобок Н.М., Смолянина С.О. Перспективный метод организации минерального питания растений применительно к условиям микрогравитации // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2014. – Т. 48(3). – С. 56–62.
- [4] Беркович Ю.А., Кривобок А.С., Кривобок Н.М., Смолянина С.О. Космические оранжереи: настоящее и будущее. – М.: Слово, 2005. – 368 с.
- [5] Драгоморецкий Ю.А. Лечение злаками. – М.: Сталкер, 1998. – 320 с.
- [6] Ковалёв В.С., Мануковский Н.С., Тихомиров А.А., Хун Лю, Юймин Фу. Моделирование суточного набора продуктов для использования в биорегенеративной системе жизнеобеспечения // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2017. – Т. 51(5). – С. 31–35.
- [7] Кондратьев Ю.И., Бычков В.П., Ушаков А.С. Опыт использования биомассы одноклеточных водорослей в питании человека // Проблемы космической биологии. – 1967. – № 7. – С. 363–370.
- [8] Пилотируемая экспедиция на Марс. Под ред. Коротеева А.С. – М.: Российская академия космонавтики, 2006. – 320 с.
- [9] Левинских М.А. Сравнение эффективности различных методов получения витаминной зелени в условиях космической станции // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2002. – Т. 36(2). – С. 23–25.
- [10] Левинских М.А., Подольский И.Г., Сычев В.Н., Сигналова О.Б., Дерендяева Т.А., Нефедова Е.Л. Некоторые аспекты культивирования овощных листовых растений в оранжереях обитаемых гермообъектов // Модельный эксперимент с длительной изоляцией: проблемы и достижения. – М.: Слово, 2001. – С. 515–524.
- [11] Левинских М.А., Подольский И.Г., Сычев В.Н., Сигналова О.Б., Дерендяева Т.А., Нефедова Е.Л. Разработка технологии выращивания и выбор овощных листовых

- культур для космических оранжерей // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2001. – Т. 35(1). – С. 61–67.
- [12] Лисовский Г.М. Замкнутая система: человек – высшие растения. – Новосибирск, 1979. – 160 с.
- [13] Мелешко Г.И., Шепелев Е.Я. Биологические системы жизнеобеспечения (замкнутые экологические системы). – Москва, 1994. – 280 с.
- [14] Подольский И.Г., Левинских М.А., Сычев В.Н. Проблемы создания производственных космических оранжерей // *Труды XLII академических чтений по космонавтике*. – Москва, 2018. – 382 с.
- [15] Berkovich Yu.A., Smolianina S.O., Krivobok N.M., Erokhin A.N., Agureev N.A., Shanturin N.A. Vegetable production facility as a part of a closed life support system in a Russian Martian space flight scenario // *Advances in Space Research*. – 2009. – No 44 (2). – pp. 170–176.
- [16] Carperter J. Lunar Exploration and Science in ESA // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – B0.1-0006-14.
- [17] Fu Y., Li L., Xie B., Dong C., Wang M., Jia B., Shao L., Dong Y., Deng S., Liu H., Liu G., Liu B., Hu D., Liu H. How to Establish a Bioregenerative Life Support System for Long-Term Crewed Missions to the Moon or Mars // *Astrobiology*. – 2016. – No 16(12). – pp. 925–936.
- [18] Grigoriev A. Space Biology in Russia Today // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – F4.6-0005-14.
- [19] Guo S., Dong W., Ai W., Feng H., Tang Y., Huang Z., Shen Y., Ren J., Qin L., Zeng G., Zhang L., Zhu J., Fei J., Xu G. Research on regulating technique of material flow for 2-person and 30-day integrated CELSS test // *Acta Astronautica*. – 2014. – No 100. – pp. 140–146.
- [20] Jones H. Comparison of Bioregenerative and Physical-Chemical Life Support Systems // *SAE Technical Paper*. – 2006. – No 2006-01-2082.
- [21] Jones H. Design Rules for Space Life Support Systems // *SAE Technical Paper*. – 2003. – No 2003-01-2356.
- [22] Kayden H.J., Wisniewski T. About vitamin E activity // *Clin. Nutr.* – 2000. – No 72 (1). – pp. 201–202.
- [23] Kliss M., MacElroy R.D. Salad Machine: A Vegetable Production Unit for Long Duration Space // *SAE Paper*. – 1990. – No 901280.
- [24] Liu Hong. Bioregenerative Life Support Experiment for 90-days in a Closed Integrative Experimental Facility LUNAR PALACE 1 // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – F4.5-0006-14.
- [25] Low C. *Everything About Vitamins*. – Crown Press, 1998.
- [26] Nakamura T., Monje O., Bugbee B. Solar food production and life support in space exploration // *AIAA 2013-5399*. – 2013. – pp. 1–9.
- [27] Sychev V.N., Levinskikh M.A., Shepelev Ye.Ya. The biological component of the life support system for a Martian expedition // *Advances in Space research*. – 2003. – No 31(7). – pp. 1693–1698.
- [28] Graham T., Wheeler R. Root restriction: A tool for improving volume utilization efficiency in bioregenerative life-support systems // *Life sciences in Space Research*. – 2016. – No 9. – pp. 62–68.
- [29] Tako Y., Arai R., Tsuga S. et al. CEFF-Closed Ecology Experiment Facilities // *Gravit. Space Biology*. – 2010. – No 23(2). – pp. 13–24.

- [30] Wheeler R. Roadmaps and Strategies for Crop Research for Bioregenerative Life Support systems // NASA/TM-2009-214768. – 2009.
- [31] Tako Y., Arai R., Tsuga S. et al. Review and analysis of over 40 years of space plant growth systems // Life Sciences in Space Research. – 2016. – No 10. – pp. 1–16.
- [32] Zelenyi L. Russian Lunar Space Program // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – B0.1-0005-14.

REFERENCES

- [1] Berkovich Yu.A., Sinyak Yu.E., Smolyanina S.O., Krivobok N.M., Erokhin A.N., Romanov S.Yu., Guzenberg A.S. Energy Requirement for Production of Plant Food during Long-Term Manned Space Missions. // “Proceedings of RAS. Power Engineering” Journal. – 2009. – No 1. – pp. 27–35.
- [2] Berkovich Yu.A., Erokhin A.N., Zyablova N.V., Krivobok A.S., Krivobok N.M., Smolyanina S.O., Mukhamedieva N.M., Pakhomova A.A., Novikova I.D., Poddubko S.V., Korsak I.V. Outcomes of the Experiment “Salatnaya Mashina” in the Framework of “Mars-500” Project. // J. “Aerospace and Environmental Medicine”. – 2012. – V. 46(5). – pp. 59–64.
- [3] Berkovich Yu.A., Krivobok A.S., Krivobok N.M., Smolyanina S.O. Advanced Technique for Organizing the Mineral Nutrition of Plants under Microgravity Conditions // J. “Aerospace and Environmental Medicine”. – 2014. – V. 48(3). – pp. 56–62.
- [4] Berkovich Yu.A., Krivobok A.S., Krivobok N.M., Smolyanina S.O. Space Greenhouses: Present and Future. – Moscow: “Slovo” Publ., 2005. – P. 368.
- [5] Dragomiretskiy Yu.A. Cereals Treatment. – Moscow: “Stalker” Publ. 1998. – 320 p.
- [6] Kovalyov V.S., Manulovskiy N.S., Tikhomirov A.A., Khun Lu, Yun’min Fu. Forming a Daily Food Package for the Use in a Bioregenerative Life Support System // J. “Aerospace and Environmental Medicine”. – 2017. – V. 51(5). – pp. 31–35.
- [7] Kondratyev Yu. I., Bychkov V.P., Ushakov A.S. Use of biomass of unicellular algae in human nutrition // Issues of space Biology. – 1967. – No 7. – pp. 363–370.
- [8] Manned Mission to Mars. Eds. Koroteeva A.S. – Moscow: Russian Academy of Cosmonautics, 2006. – P. 320.
- [9] Levinskikh M.A. Comparison of the Effectiveness of Various Methods for Cultivating Vitamin Greens aboard a Space Station // J. “Aerospace and Environmental Medicine”. – 2002. – V. 36(2). – pp. 23–25.
- [10] Levinskikh M.A., Podol’skiy I.G., Syshyov V.N., Signalova O.B., Derendyeva T.A., Nefyodova E.L., Some Aspects of Cultivation of Vegetable Leaf Plants in Greenhouses of Inhabited Modules // Model Experiment with Prolonged Isolation. – Moscow: “Slovo” Publ., 2001. – pp. 515–524.
- [11] Levinskikh M.A., Podol’skiy I.G., Syshyov V.N., Signalova O.B., Derendyeva T.A., Nefyodova E.L., Development of Cultivation Technology and Selection of Leaf Crops for Space Greenhouses // J. “Aerospace and Environmental Medicine”. – 2001. – V. 35(1). – pp. 61–67.
- [12] Lisovskiy G.M. Closed System: Human – Higher Plants. – Novosibirsk, 1979. – 160 p.
- [13] Meleshko G.I., Shepelev E.Ya. Biological Life Support Systems (Closed Ecological Systems). – Moscow, 1994. – P. 280.
- [14] Podol’skiy I.G., Levinskikh M.A., Syshyov V.N. Issues of Designing the Space Greenhouses // Proceedings of XLII Academic Readings on Cosmonautics. – Moscow, 2018. – P. 382.

- [15] Berkovich Yu.A., Smolianina S.O., Krivobok N.M., Erokhin A.N., Agureev N.A., Shanturin N.A. Vegetable Production Facility as a Part of a Closed Life Support System in a Russian Martian Space Flight Scenario // *Advances in Space Research*. – 2009. – No 44 (2). – pp. 170–176.
- [16] Carperter J. Lunar Exploration and Science in ESA // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – B0.1-0006-14.
- [17] Fu Y., Li L., Xie B., Dong C., Wang M., Jia B., Shao L., Dong Y., Deng S., Liu H., Liu G., Liu B., Hu D., Liu H. How to Establish a Bioregenerative Life Support System for Long-Term Crewed Missions to the Moon or Mars // *Astrobiology*. – 2016. – No 16(12). – pp. 925 – 936.
- [18] Grigoriev A. Space Biology in Russia Today // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – F4.6-0005-14.
- [19] Guo S., Dong W., Ai W., Feng H., Tang Y., Huang Z., Shen Y., Ren J., Qin L., Zeng G., Zhang L., Zhu J., Fei J., Xu G. Research on regulating technique of material flow for 2-person and 30-day integrated CELSS test // *Acta Astronautica*. – 2014. – No 100. – pp. 140–146.
- [20] Jones H. Comparison of Bioregenerative and Physical-Chemical Life Support Systems // *SAE Technical Paper*. – 2006. – No 2006-01-2082.
- [21] Jones H. Design Rules for Space Life Support Systems // *SAE Technical Paper*. – 2003. – No 2003-01-2356.
- [22] Kayden H.J., Wisniewski T. About vitamin E activity // *Clin. Nutr.* – 2000. – No 72 (1). – pp. 201–202.
- [23] Kliss M., MacElroy R.D. Salad Machine: A Vegetable Production Unit for Long Duration Space // *SAE Paper*. – 1990. – No 901280.
- [24] Liu Hong. Bioregenerative Life Support Experiment for 90-days in a Closed Integrative Experimental Facility LUNAR PALACE 1 // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – F4.5-0006-14.
- [25] Low C. *Everything About Vitamins*. – Crown Press, 1998.
- [26] Nakamura T., Monje O., Bugbee B. Solar food production and life support in space exploration // *AIAA 2013-5399*. – 2013. – pp. 1–9.
- [27] Sychev V.N., Levinskikh M.A., Shepelev Ye.Ya. The biological component of the life support system for a Martian expedition // *Advances in Space Research*. – 2003. – No 31(7). – pp. 1693–1698.
- [28] Graham T., Wheeler R. Root restriction: A tool for improving volume utilization efficiency in bioregenerative life-support systems // *Life sciences in Space Research*. – 2016. – No 9. – pp. 62–68.
- [29] Tako Y., Arai R., Tsuga S. et al. CEFF-Closed Ecology Experiment Facilities // *Gravit. Space Biology*. – 2010. – No 23(2). – pp. 13–24.
- [30] Wheeler R. Roadmaps and Strategies for Crop Research for Bioregenerative Life Support systems // *NASA/TM-2009-214768*. – 2009.
- [31] Tako Y., Arai R., Tsuga S. et al. Review and analysis of over 40 years of space plant growth systems // *Life Sciences in Space Research*. – 2016. – No 10. – pp. 1–16.
- [32] Zelenyi L. Russian Lunar Space Program // 40th Scientific Assembly COSPAR. – Russia, Moscow, 2014. – B0.1-0005-14.

УДК 771.313+520.6.07

СЪЕМКА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ С БОРТА ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ (1961–1964): ОТ КИНОКАМЕРЫ К ФОТОАППАРАТУ

Д.Ю. Щербинин

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

Наблюдение и фотографирование поверхности Земли являлись частью программы научных наблюдений, выполнявшейся экипажами космических кораблей серии «Восток». Во время суточного полета трехместного корабля «Восход-1» эти исследования были продолжены. В статье описаны основные технические средства для выполнения задач наблюдения и регистрации земной поверхности во время полетов кораблей «Восток» и «Восход-1», рассмотрены основные результаты и выводы, сделанные на основании анализа полученных фотоснимков.

Ключевые слова: фотографирование поверхности Земли, фотосъемка в космосе, киносъемка в космосе, пилотируемые полеты в космос, космическая фототехника, история пилотируемой космонавтики.

Photographing the Earth's Surface From the Board of Manned Space Vehicles (1961–1964): From a Movie Camera to a Still Camera. D.Yu. Shcherbinin

Monitoring and photographing the Earth's surface were the essential part of the program of scientific observations carried out by the crews of the "Vostok" spaceships. These observations were continued during the 24-hour flight of the three-man "Voskhod-1". The paper describes the main technical means for observing and surveying the Earth's surface during flights of the "Vostok" and "Voskhod-1" and considers the main results and conclusions made on the basis of an analysis of the obtained photographs.

Keywords: photographing the Earth's surface, photographing in space, filming in space, manned space flights, space photographic equipment, history of manned space exploration.

Наблюдение и регистрация земной поверхности являлись частью программы научных наблюдений, проводимой во время полетов космических кораблей серии «Восток». Среди задач первого пилотируемого космического суточного полета была «киносъемка поверхности Земли с борта космического корабля и проверка возможности проведения летчиком-космонавтом наблюдений поверхности Земли с помощью специальных оптических устройств» [1]. Для выполнения этой задачи «на борту корабля «Восток-2» была установлена репортерская кинокамера «Конвас» отечественного производства для проведения пилотом киносъемки с борта корабля как на обычную

пленку, так и на цветную» [1]. «Киносъемка пилотом с борта объекта» указана в «Программе полета корабля-спутника «Восток-2» с пилотом на борту» [2]. На заседании Военного совета ВВС по запуску «Востока-2» отмечалось, что ручную ориентацию корабля для проведения съемки «земной и водной поверхности при различных углах освещения, линии горизонта, атмосферы» космонавт будет проводить «для целей разведки по наблюдению и фотографированию» [3].

Ракета-носитель 8К72К с космическим кораблем «Восток-2» (ЗКА) стартовала с космодрома Байконур 6 августа 1961 года. В состав бортового киносъёмочного оборудования корабля «Восток-2» входили: киносъёмочный ручной аппарат КСР-1 («Конвас» – по имени и фамилии конструктора камеры Василия Константинова), шесть кассет с тремя метрами киноплёнки, фотоэкспонетр «Ленинград». Кинокамера КСР-1 была разработана в 1952 г. на предприятии «Москинап» (с 2006 г. ОАО «Московский завод киноаппаратуры «Москинап»). Аппарат имел зеркальный обтюратор, турель с объективами и механизм их перевода. На турель устанавливались три из пяти объективов с фокусным расстоянием 28, 35, 50, 75, 135 мм в любой комбинации. Частота съёмки: при электроприводе – от 8 до 32 кадров/с, при пружинном приводе – от 10 до 30 кадров/с и при вращении от руки – от 1 до 24 кадров/с. Для съёмки использовалась 35-мм киноплёнка с размером кадра 16×22 мм. Габаритные размеры кинокамеры – 400×240×200 мм, вес – 5400 г. Быстрозменные кассеты включали в себя весь лентопротяжный механизм камеры, кроме грейфера и передней части плёночного канала.

Пилот-космонавт корабля «Востока-2» Г.С. Титов во время съёмки израсходовал все 300 м киноплёнки, выполнив киносъёмку земной поверхности с высоты 244 км, и стал первым космическим кинооператором. Цветные фотографии Земли из космоса были отпечатаны с 35-мм киноплёнки и занесены в Книгу рекордов (рис. 1) [4].

Благодаря надёжности и удобству в работе «Конвас» был включен в состав бортового оборудования всех последующих кораблей серии «Восток».

К совместному полету кораблей «Восход-5» (14–19 июня 1963 года) и «Восход-6» (16–19 июня 1963 года) задачи по регистрации поверхности Земли были расширены и конкретизированы. Программа работы на орбите пилота-космонавта «Восход-5» В.Ф. Быковского предусматривала «научные эксперименты: киносъёмка во «Взор» при ручном управлении; обнаружение и киносъёмка солнечной дорожки на водной поверхности, облачного покрова, высокогорных районов со снежными вершинами и пояса зари с ночной и дневной стороны; вести наблюдения космического пространства, и все наблюдаемые объекты или явления фотографировать и делать записи в боржурнале. Определение: видимости земной поверхности с помощью различных светофильтров; энергетической яркости системы Земля–небо путем фотографирования горизонта на маркированную плёнку. (...) Задачи боевого применения: поиск, слежение и киносъёмка последней ступени

ракеты-носителя; обнаружение корабля «Восток-6» и наблюдение за ним в космосе самостоятельно и по целеуказанию с Земли. Оpoznание и съемка крупных площадных ориентиров и характеристик объектов: городов и аэродромов; кораблей в море» [5].



Рис. 1. Кадр цветной 35-мм киноплёнки, отснятой космонавтом Г.С. Титовым на борту космического корабля «Восток-2», $H_{\text{орб}} - 250 \text{ км}$ (кинокамера КСР-1) (1961)

Киносъемка осуществлялась на седьмых суточных витках в первые и шестые сутки полета и на шестнадцатых суточных витках в остальные полетные сутки. Фотографирование на маркированную пленку выполнялось в первые сутки на 14-м витке и в последующие сутки полета на шестых суточных витках, кроме посадочных суток.

В программе полета пилота-космонавта «Восход-6» В.В. Терешковой были запланированы «научные эксперименты: наблюдение и киносъемка Луны или Солнца (заход, восход), освещенности горизонта; обнаружение и киносъемка солнечной дорожки на водной поверхности, облачного покрова, высокогорных районов со снежными вершинами и пояса зари с ночной и дневной стороны; вести наблюдения космического пространства и все наблюдаемые объекты или явления фотографировать и делать записи в бортжурнале. (...) Определение: видимости земной поверхности с помощью различных светофильтров; энергетической яркости системы Земля–небо путем фотографирования горизонта на маркированную пленку. Визуальные наблюдения, киносъемка: опozнание и съемка городов, аэродромов и кораблей в море; киносъемка во «Взор» при сориентированном положении корабля с самостоятельным выбором сюжетов» [5].

Киносъемка выполнялась на седьмом витке, фотографирование на маркированную пленку на четырнадцатом витке. Визуальное наблюдение и съемка различных объектов на суше и на водной поверхности проводились через оптический визир «Взор», боковой иллюминатор, а в отвязанном положении и через задний иллюминатор космического корабля.

12 октября 1964 года в СССР на орбиту Земли ракетой-носителем 11А57 (на базе Р-7А) в трехступенчатом варианте выведен трехместный пилотируемый космический аппарат «Восход-1» (ЗКВ). Впервые в мире на борту космического корабля находился экипаж из трех человек, состоящий из командира корабля летчика-космонавта В.М. Комарова, научного сотрудника космонавта К.П. Феоктистова и врача космонавта Б.Б. Егорова. «Восход-1» был выведен на орбиту, близкую к расчетной с периодом обращения вокруг Земли 90,1 мин. Длительность полета составила 24 ч 17 мин. Программа работы экипажа на корабле «Восход-1» была сформирована с учетом существующих теоретических представлений и результатов выполнения фотографических исследований во время предшествовавших полетов космических кораблей «Восток-5» и «Восток-6».

Среди задач полета трехместного космического корабля было наблюдение и фотографирование поверхности Земли. Задачи полета определили основные требования к аппаратуре для выполнения исследований, среди которых: высокое угловое разрешение; одновременность измерений в различных направлениях; малая длительность процесса измерения; достаточно большие угловые размеры поля зрения, подвергаемого изучению; сознательный выбор объекта, времени и условий его съемки; точная фиксация момента и направления съемки; фиксация вспомогательных данных об обстановке реализации снимаемого явления [6.10].

Для выполнения намеченной программы наблюдений и фотографирования поверхности Земли в состав бортовой аппаратуры ПКА «Восход» был включен фотоаппарат со светофильтрами и черно-белой фотографически маркированной пленкой. Фотографирование на цветную пленку использовалось в качестве дополнения исследований.

В отличие от полетов кораблей серии «Восток», когда основным бортовым средством регистрации являлась кинокамера КСР-1, на космическом корабле «Восход-1» съемка осуществлялась кинокамерой «Киев 16С-2» и фотоаппаратом «Ленинград» с объективом «Юпитер-6». Использование фотоаппарата обеспечивало фиксацию времени экспозиции, что важно для фотометрического анализа результатов. Кинокамера предназначалась для проведения научных и хроникальных съемок внутри корабля и через иллюминаторы.

Основным бортовым средством для регистрации наблюдаемых во время космического полета явлений была фотокамера «Ленинград». Камера разработана в 1953 г. на Государственном оптико-механическом заводе (ГОМЗ) [с 1960 г. – Ленинградское оптико-механическое объединение (ЛОМО)],

г. Ленинград. Серийно выпускалась в 1956–1966 гг. По своим конструктивным особенностям камера являлась одной из немногих полностью оригинальных разработок советского приборостроения и не имела аналогов в мире. Особенность камеры заключалась в наличии заводного пружинного механизма, позволявшего производить автоматическую съемку до 15 кадров за один завод. Фокусировка ручная. «Ленинград» обладал удобным прямым оптическим видоискателем, совмещенным с дальномером в одном поле. Затвор механический, шторный, с горизонтальным движением матерчатых шторок. Серийная съемка – до 3 кадр/с. Размер кадра – 24×36 мм. Габариты фотокамеры – 133×93×74 мм, вес – 900 г [7].

Фотокамера была оснащена сменным светосильным объективом с просветленной оптикой «Юпитер-6». Объектив «Юпитер-6» создавался на базе схемного решения объектива «Carl Zeiss Jena 180mm 1:2.8 Olympia Sonnar» немецкой компанией Zeiss Ikon AG в 1936 г. Пересчет оригинального объектива «Carl Zeiss 2,8/180 Olympia Sonnar» произведен в 1949 г. в Государственном оптическом институте им. С.И. Вавилова (ГОИ) [8].

Объектив выпускался Красногорским механическим заводом с 1958 г. и имел следующие технические характеристики: фокусное расстояние (F) – 180 мм; относительное отверстие – от 1:2,8 до 1:22; количество лепестков диафрагмы – 18; разрешающая способность центр/край – 35/16 линий/мм; угол поля зрения – 14°; переднее вершинное фокусное расстояние – 197,70 мм; заднее вершинное фокусное расстояние – 83,061 мм; расстояние от первой до последней поверхности – 89,78 мм; количество линз/групп – 5/3; рабочий отрезок – 45,2 мм; ближний предел фокусировки – 2 м; вес – 1500 г [9].

16-миллиметровая камера «Киев 16С-2», входившая в состав бортовых средств регистрации, выпускалась серийно Киевским заводом автоматики им. Г.И. Петровского с 1957 г. по 1966 г. Камера являлась первой в СССР моделью семейства узкоплечных киноаппаратов, предназначенных для съемки хроникально-документальных и научных-экспедиционных фильмов на 16-мм киноплёнку с двусторонней перфорацией с размером кадра 7,45×10,05 мм. В заводской комплектации имела объективы «РО-51» и «Индустар-50», расположенные на поворотной турели, на которой были смонтированы также два объектива-визира. Объектив «РО-51» – светосильный четырехлинзовый с постоянным фокусным расстоянием 20 мм, относительным отверстием 1:2,8. Объектив «Индустар-50» – светосильный, четырехлинзовый с постоянным фокусным расстоянием 50 мм, относительным отверстием 1:3,5. Фокусировка объективов осуществлялась по шкале расстояний. Аппарат снабжен пружинным приводом, полный завод пружины которого обеспечивает протяжку 3,5–4,4 м киноплёнки. Для съемки одной кассеты требовалось взводить пружину привода от 3 до 5 раз. Съемка осуществлялась с частотой 16, 24, 32, 48 и 64 кадр/с, а также в режиме покадровой съемки. Экспозиционные параметры устанавливались вручную. Емкость кассеты – до 15 м киноплёнки. Кассетная зарядка позволяла быстро перезаряжать аппарат

киноплёнкой (в кассете размещалась часть лентопротяжного механизма – зубчатый барабан, наматыватель с фрикционом, плёночный канал с контргрейфером, шторка для закрывания кадрового окна и контактный указатель количества неэкспонированной киноплёнки). Габариты кинокамеры – $215 \times 130 \times 65$ мм, вес – 1700 г [10]. Бортовая кинокамера «Киев 16С-2» была укомплектована штатным объективом «Индустар-50» 50 мм 1:3,5 и объективом с относительным отверстием 1:2,8 и фокусным расстоянием 12,5 мм вместо «РО-51».

С целью визуальной проверки монотонности изменения яркости земной поверхности от освещенной Солнцем к ночной стороне во время полета космического корабля «Восход-1» были проведены наблюдения области терминатора. Во всех случаях наблюдения терминатора отмечено, что яркость земной поверхности от освещенной к ночной стороне изменялась монотонно. Это было подтверждено сделанными в полете фотоснимками.

Фотографирование производилось с помощью фотоаппарата «Ленинград» на маркированную черно-белую фотопленку без светофильтра, диафрагма – 22, выдержка – 0,002. Съёмка производилась сериями по 4–5 кадров с интервалами между последовательными снимками 10–30 секунд. Момент фотографирования последнего снимка в серии фиксировался с точностью до минуты [6.30].

Съёмка в полете «Восход-1» проводилась с высоты орбиты, которая составляла 330–342 км. Ориентация оптической оси фотоаппарата в пространстве в моменты съёмки не фиксировалась.

Для получения данных о пространственной структуре облаков над различными видами подстилающей поверхности выполнялось фотографирование облачного покрова Земли. Эти данные были необходимы для оптимизации параметров телевизионных систем метеорологических спутников, разработки методов автоматического опознавания облаков по телевизионным снимкам для изучения физики и морфологии облаков.

Фотосъёмка облачного покрова осуществлялась в районах, где отсутствовала сеть наземных метеорологических станций (Атлантический океан к западу от юга Африки и Тихий океан к западу от Южной Америки). Это обстоятельство не позволило выполнить детальный синоптический анализ карт облачности, построенных по фотоснимкам. Отсутствие точных данных о времени фотографирования и ориентации оптической оси фотоаппарата в момент съёмки не позволило произвести и географическую привязку снимков с точностью лучшей, чем ± 1000 км. Это, в свою очередь, не позволило вычислить с достаточной точностью высоту Солнца в районах съёмки и освещённость фотографируемых облаков. Некоторые из снимков были сделаны под большими углами к местной вертикали, что существенно затруднило их анализ [6.62].

Вместе с тем, в результате изучения материалов фотосъёмки облачного покрова Земли, полученных в период полета космического корабля

«Восход», установлена возможность и перспективность такого рода наблюдений для целей изучения облачности с пилотируемых кораблей-спутников.

В число задач, поставленных перед экипажем космического корабля «Восход-1», входило фотографирование различных участков земной поверхности, содержащих равнины, горы, реки, некоторые геологические образования. Полученные снимки предполагалось использовать для выявления возможности проведения их географического и геологического дешифрования (рис. 2).

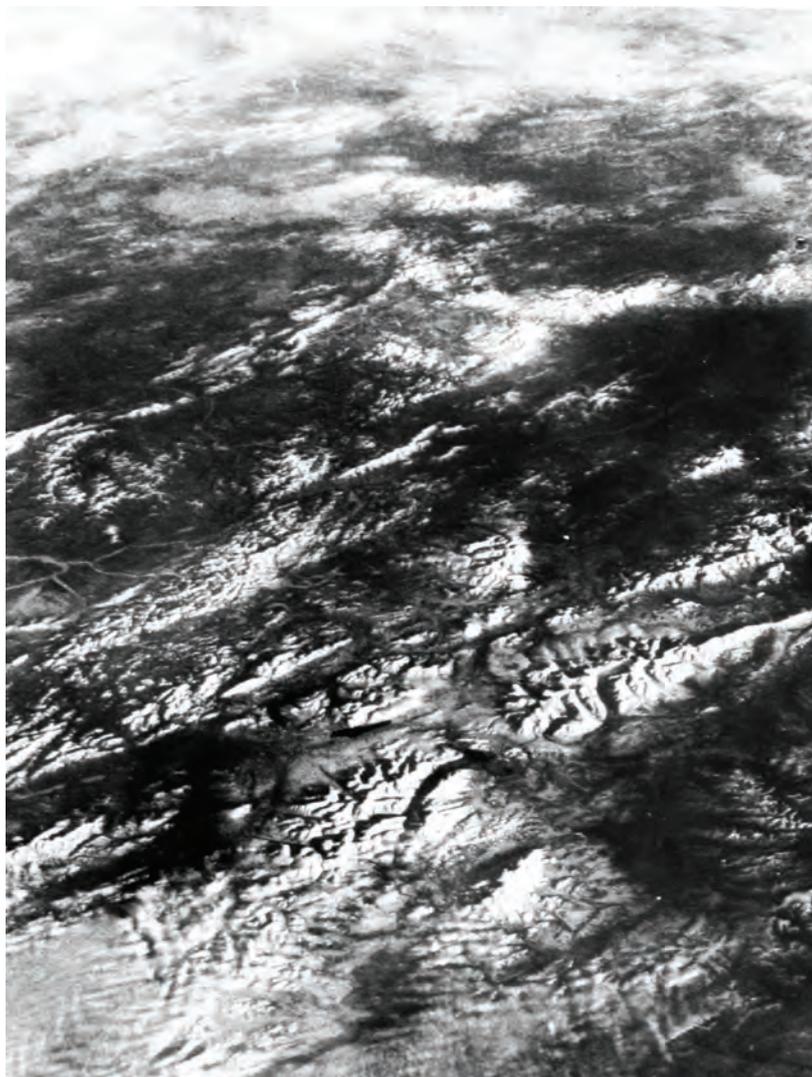


Рис. 2. Перспективный снимок горного района на черно-белую пленку с борта космического корабля «Восход-1», $H_{\text{орб}} - 340 \text{ км}$ (фотокамера «Ленинград», объектив «Юпитер-6» $F - 180 \text{ мм } f/22$)

На борту космического корабля «Восход-1» была впервые проведена стереосъемка, целью которой стало получение пространственных данных об объекте [11]. Стереопары, составленные из снимков, на которых изображен облачный покров и горный район, обрабатывались по способу неискаженной модели. Однако следует учитывать, что обработка снимков, выполненных нефотограмметрическим аппаратом и отпечатанных на бумаге, а также большое перекрытие (около 90 %), значительно снизили точность полученных результатов. Кроме того, при обработке имеющихся снимков возникли затруднения с ориентированием снимков по базисной плоскости из-за недостаточных пределов смещения кареток стереокомпаратора СК-4, на котором производилась обработка. Это также, в свою очередь, внесло дополнительные ошибки в полученные результаты. Ввиду того, что не соблюдались остальные требования, упомянутые выше (съемка нефотограмметрическим аппаратом, использование отпечатков на бумаге и малый базис съемки), на первоначальном этапе стереофотограмметрической обработки было решено ограничиться ориентированием по начальным направлениям. Поскольку использовались увеличенные отпечатки (с увеличением в 6,8 раза), то для расчетов принималось значение фокусного расстояния равным 340 мм. Обработка производилась по общепринятой методике [12] с учетом приемов, уточняющих способ неискаженной модели [13].

Как уже упоминалось выше, обработка имевшихся снимков, не отвечающая соответствующим требованиям стереофотограмметрии, также приводила к дополнительным ошибкам. По этой причине проведенные работы по измерительному дешифрированию следует рассматривать, в основном, как методические, показывающие возможность стереоскопических измерений снимков, полученных из космического пространства.

Выводы

Проведенная оценка возможностей географического и геологического дешифрирования снимков, полученных с борта космического корабля «Восход», а также выполненная их стереофотограмметрическая обработка, позволили сделать следующие выводы:

1. Использование сверхмелкомасштабных снимков (масштаба порядка 1:7 000 000–1:1 000 000) имеет большое значение для составления географических и геологических карт.
2. По сравнению с обычной аэрофотосъемкой, в случае фотографирования из космического пространства покрываются, при прочих равных условиях, площади приблизительно в 50–100 раз большие; появляется возможность выявить различные геологические структуры, которые могут пропускаться дешифровщиком при использовании обычных аэроснимков.
3. Важным преимуществом космических фотографий является возможность предварительно изучать по ним различные труднодоступные районы

и затем планировать наиболее рациональным образом необходимые наземные и аэрофотосъемочные работы на этих территориях.

4. Проведенное геолого-географическое дешифрирование свидетельствует, что подобные снимки могут использоваться для составления предварительных схематических, геологических и иных карт, содержание которых будет уточняться при постановке соответствующих работ на местности.

5. Проведенные стереофотографические измерения показали, что при различных видах дешифрирования можно инструментальным путем по снимкам определять такие элементы, как превышения и относительные размеры отдельных объектов, что существенно повышает достоверность и качество полученных результатов [6.64].

Геологическое дешифрирование снимков, полученных с борта космического корабля «Восход», показало возможность использования космических фотографий для исследования геологических структур Земли, которые не могут быть определены методом аэрофотосъемки. Оценка возможности дешифрирования космических фотоматериалов подтвердила предположение о возможности их использования для изучения различных труднодоступных районов поверхности Земли.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Докладная записка Д.Ф. Устинова, Л.В. Смирнова, В.Д. Калмыкова, М.В. Келдыша, П.В. Дементьева, К.С. Москаленко, К.А. Вершинина, С.П. Королёва в ЦК КПСС о запуске корабля-спутника «Восток-2» с летчиком-космонавтом на борту. 3 июля 1961 г. // Первый пилотируемый полет. Сборник документов в двух книгах. Кн. 2. – М., 2011. – С. 152.
- [2] Программа полета корабля-спутника «Восток-2» с пилотом на борту. 15 июля 1961 г. – Первый пилотируемый полет. Кн. 2. – С. 156.
- [3] Материалы к докладу Е.А. Карпова на заседании Военного Совета ВВС по вопросам осуществления запуска объекта «Восток», подготовки и проведения новых полетов в космосе. – Первый пилотируемый полет. Кн. 2. – С.168.
- [4] Батурин Ю.М., Щербинин Д.Ю. Ретроспектива кино- и фототехники, используемой при выполнении отечественной пилотируемой программы (1961–2000 гг.) // ВИЕТ – № 3. – 2011. – С. 87–104.
- [5] Записка Л. Горегляда в ЦК КПСС с приложением заданий на полеты космических кораблей «Восток-5» и «Восток-6». АП РФ. Ф. 3. Оп.47. Д.282. Л. 25–45.
- [6] Отчет «Научные исследования, проведенные экипажем корабля-спутника «Восход»» – Москва, 1966.
- [7] Этапы развития отечественного фотоаппаратостроения. [Электронный ресурс]. <http://www.photohistory.ru/1207248170259168.html> (дата обращения: 05.01.2018).
- [8] Лишневская Е.Б. Альбом «Фотографические и проекционные объективы, разработанные в ГОИ». – Л.: ГОИ, 1963. – 446 с.
- [9] Фотографический объектив «Юпитер-6» для фотоаппарата «Зенит», описание и руководство к пользованию. – Красноярск: КМЗ, 1967.
- [10] Киев 16С-2\С-3 [Электронный ресурс]. http://kinofototeh.ucoz.ru/index/kiiev_16s_2_92_s_3/0-289 (дата обращения: 05.01.2018).

- [11] Щербинин Д.Ю. Полет корабля-спутника «Восход-1» как ключевой момент в истории научных исследований на борту пилотируемых космических аппаратов // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная конференция (2013). Т.2: История химико-биологических наук. История наук о земле. Проблемы экологии. История техники и технических наук. – М.: ЛЕНАД, 2013. – С. 345–346.
- [12] Герценова К.П., Очередыко А.К. Пособие по фотограмметрическим работам. – М.: Геодезиздат, 1956. – 250 с.
- [13] Уточнение деталей способа неискаженной модели / Рамм Н.С., Пономарев Е.В., Кузина А.М. // Геодезия и картография. – № 12. – 1957.

REFERENCES

- [1] Memorandum of D.F. Ustinov, L.V. Smirnov, V.D. Kalmykov, M.V. Keldysh, P.V. Dementiev, K.S. Moskalenko, K.A. Vershinin, S.P. Korolyov to the CPSU Central Committee on the Launch of the “Vostok 2” Satellite Ship with the Pilot-cosmonaut on Board. July 3, 1961. // The First Manned Space Flight. Collection of documents in Tow Books. Book 2. – M., 2011. – P. 152.
- [2] The Program of Flight of the “Vostok-2” Satellite Ship With Pilot on Board. July 15, 1961. – The First Manned Space Flight. Book 2. – P. 156.
- [3] Materials to the Report of Ye.A. Karpov at the Meeting of the AF’s Military Council on the Launching the “Vostok” Object, Training for and Implementation of Future Flights to Space. – The First Manned Space Flight. Book 2. – P. 168.
- [4] Baturin Yu.M., Shcherbinin D.Yu. Retrospective Review of the Filming and Photographic Equipment Used When Realizing the Domestic Program of Manned Space Exploration (1961–2000) // VIYeT – No 3. – 2011. – pp. 87–104.
- [5] Note of L. Goreglyad to the CPSU Central Committee With the Annex of Assignments for the Flights of the “Vostok-5” and “Vostok-6”. APRF. F. 3. Op. 47. D.282. L. 25–45.
- [6] Report ‘Scientific Research Performed by the Crew of the “Voskhod” Satellite Ship’. – Moscow, 1966.
- [7] Development Stages of Manufacturing the Domestic Photo Equipment. [Electronic resource]. <http://www.photohistory.ru/1207248170259168.html> (date of access: 05.01.2018)
- [8] Lishnevskaya E.B. Album “Photographic and Projecting Lens, Developed at SOI”. – L.: SOI, 1963. – P. 446.
- [9] “Jupiter-6” Photographic Lens for “Zenit” Camera, Description and Guidance for use. – Krasnogorsk: KMZ, 1967.
- [10] Kiev 16C-2\C-3 [Electronic resource]. http://kinofototeh.ucoz.ru/index/kiev_16s_2_92_s_3/0-289 (date of access: 05.01.2018)
- [11] Shcherbinin D.Yu. The Flight of the “Voskhod-1” Satellite Ship as a Key Moment in the History of Scientific Studies Aboard Manned Space Vehicles // Institute for the History of Sciences and Technology Named After S.I. Vavilov. Annual Conference (2013). Т.2: History of Chemical and Biological Sciences. History of Earth Sciences. Ecological problems. History of Engineering and Technical Sciences. – М.: ЛЕНАД, 2013. – pp. 345–346.
- [12] Gertsenova K.P., Ochered’ko A.K. Textbook for Photogrammetric Surveys. – М.: Геодезиздат, 1956. – P. 250.
- [13] Specification of the Details of the Undistorted Model Technique / Ramm N.S., Ponomaryov E.V., Kuzina A.M. // Geodesy and cartography. – No 12. – 1957.

ОБЗОРЫ

OVERVIEWS

УДК 004.5

МНОГОМОДАЛЬНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ДЛЯ СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

И.А. Кагиров, А.А. Карпов

И.А. Кагиров; докт. техн. наук, доцент А.А. Карпов (СПИИРАН)

Рассмотрены роботизированные платформы, оснащенные многомодальным интерфейсом. Проанализированы тенденции применения различных каналов обмена информацией с пользователем в зависимости от сферы применения робота. Сложившаяся ситуация такова, что роботы с многомодальным интерфейсом практически не задействованы в таких сферах, как логистика, сельское хозяйство, медицина и – с некоторыми оговорками – оборонные технологии, космические исследования. При этом специфика последних трех сфер заставляет использовать редко применяемые в других сферах каналы обмена информацией с человеком.

Ключевые слова: многомодальные интерфейсы, робототехника, ассистивные технологии, сервисные роботы, коллаборативная робототехника, космоботы, человеко-машинное взаимодействие, роботизация.

An Analytical Overview of Multimodal Interfaces for Service Robots. I.A. Kagiroy, A.A. Karpov

Robotic platforms equipped with a multimodal interface are considered. Some trends of applying various channels of information exchange with the user are analysed depending on the area of robot application. The current situation is that the robots with a multi-modal interface are practically not used in such domains as logistics, farming, medicine, and, with certain reservations, in defense and space technologies. At the same time, the special features of the three latter spheres make it necessary to use rarely applied strategies of human-machine interaction.

Keywords: multimodal interfaces, robotics, assistive technologies, service robots, collaborative robotics, space robots, human-machine interaction, robotization.

Современный мир уже немислим без роботов. Развитие компьютерных технологий, новые инженерные решения и успехи в создании искусственного интеллекта позволяют воплощать в жизнь проекты, сформулированные еще несколько десятилетий назад, но так и не решенные с технической точки

зрения. Несмотря на неравномерность распределения роботов по отраслям, очевидно, что робототехника активно внедряется в такие сферы человеческой деятельности, как медицина, освоение космоса, военное дело, развлечения, образование, помощь людям с ограниченными возможностями, работа по дому и кулинария, обеспечение общественной безопасности. В каждой из этих сфер можно обнаружить примеры успешного и оправданного использования роботов.

В настоящей статье роботы сгруппированы в зависимости от сферы применения [1, 2]. Подобный подход позволяет проиллюстрировать связь между функциональным назначением робота и особенностями его интерфейса с человеком. Согласно [3], в зависимости от сферы применения выделяются: промышленные роботы, сервисные роботы для профессионального использования и сервисные роботы для личного использования.

Промышленный робот – это автоматически управляемый, перепрограммируемый манипулятор, программируемый по трем или более степеням подвижности, который может быть установлен стационарно или на мобильной платформе для применения в целях промышленной автоматизации [3: стр. 2]. Промышленные роботы остаются за рамками настоящего обзора несмотря на то, что и для этой области существуют концепции многомодальных интерфейсов [4–6].

Сервисный робот – это робот, выполняющий нужную для человека или оборудования работу, за исключением применений в целях промышленной автоматизации [3: стр. 2]. К профессиональным сервисным роботам относятся медицинские, военные, логистические, сельскохозяйственные, роботы-промоутеры и т.п. Персональные сервисные роботы обслуживают человека и чаще всего применяются в бытовых помещениях, т.е. в замкнутых пространствах: роботы-учителя, сиделки, роботы-уборщики, реабилитационные роботы и т.п.

Международная федерация робототехники выделяет следующие сферы применения сервисных роботов [7]: а) логистические системы; б) военные роботы; в) сельскохозяйственные роботы; г) социальные роботы; д) роботы-экзоскелеты; е) медицинские роботы. Очевидно, этот список должен быть расширен сферой космических исследований [8, 9].

Применение многомодальных интерфейсов в сфере военного дела, космонавтики, при ликвидации последствий ЧС, то есть в экстремальной для человека внешней среде с опорой на сервисные роботы, мотивировано тем, что они наиболее естественны для коммуникации, не требуют дополнительных усилий от человека на освоение средств поддержания диалога и при этом достаточно устойчивы к помеховым факторам операторской деятельности. Общие тенденции в робототехнике и информатике показывают устойчивый рост внимания к этим интерфейсам, а потому актуален обзор технологических достижений в этой области и примеров успешной реализации на практике.

Многомодальные пользовательские интерфейсы

Многомодальный (мультимодальный) интерфейс – это такой интерфейс, в котором скомбинированы несколько входных и выходных модальностей, например, аудио- и визуальный каналы. Таким образом, многомодальным может быть назван только такой робот, взаимодействие с которым осуществляется несколькими способами (комбинировано или по выбору пользователя): жестами, речью, мимикой, традиционным графическим интерфейсом, сенсорно и т.д. [10].

Одной из главных черт многомодального интерфейса – помимо наличия нескольких каналов обмена информацией – является естественность для пользователя. Речевое или жестовое общение с машиной во много раз естественнее текстового или сенсорного ввода информации, характерного для классических систем вроде персональных компьютеров.

Применение многомодальных интерфейсов в ассистивной, образовательной и социальной сферах

Под ассистивными роботами понимаются роботы, помогающие поддерживать на существующем уровне или повышать возможности людей, которые в силу каких-либо причин испытывают функциональные ограничения. Так, ассистивные роботы помогают людям с травмами перемещаться в пространстве, адаптироваться к жизни в социуме при наличии психологических или ментальных заболеваний и т.п. Ассистивные роботы и ассистивные технологии призваны заменить услуги опекунов и лечащих врачей, снизить потребность в формальных услугах здравоохранения и сделать людей, страдающих от различных дисфункций, более независимыми и самостоятельными в повседневной жизни [11].

Ассистивные роботы должны обладать многомодальным интерфейсом, облегчающим человеко-машинное взаимодействие в силу специфики пользователей. Чаще всего такие роботы должны быть мобильными и иметь доступ к беспроводным компьютерным сетям, что позволяет использовать их как роботов телеприсутствия и обеспечивает постоянную связь с другими людьми. В некоторых случаях робот оснащен манипулятором и может оперировать относительно легкими предметами, помогая пользователю. Примеров реализации ассистивных технологий в сфере сервисной робототехники довольно много. Так, компания Toyota создала в рамках проекта Partner Robot Family робота HSR (Human Support Robot) [12]. Это робот, предназначенный, в первую очередь, для облегчения выполнения некоторых бытовых задач людям, для которых перемещение в пространстве и манипуляции с окружающими их объектами доставляют серьезные трудности. Модель HSR способна поднимать и перемещать предметы весом до 1,2 кг и диаметром до 130 мм, распознавать объекты, перемещаться по помещению и ориентироваться в пространстве. Взаимодействие с пользователем осуществляется посредством

графического интерфейса (в том числе и с мобильных устройств, таких как смартфоны или планшеты) или голосовыми командами. Кроме того, робот снабжен функциями телеприсутствия и удаленного контроля, что облегчает стороннюю заботу о человеке с ограниченными возможностями.

Концептуально похожи робот-компаньон Hector [13], KSERA, [14], КОМРАЇ-2 [15], DOMEО [16], ALIAS (рис. 1) [17].

Ассистивные роботы, оснащенные многомодальным интерфейсом, нашли применение и в лечебной практике. Особенностью ряда разработок является физическое взаимодействие с пользователем, побуждающее его выполнять ряд необходимых для реабилитации действий. Так, рядом испанских научно-исследовательских лабораторий был разработан THERAPIST [18] – проект робота для нейрореабилитации пациентов, в котором осуществлены распознавание и синтез речи, мимики, жестикуляции. В настоящее время робот обладает двумя манипуляторами и мультисенсорной гуманоидной головой Muecas, имитирующей человеческую мимику. Кроме того, THERAPIST снабжен сенсором Kinect, позволяющим ему распознавать жесты пользователя.

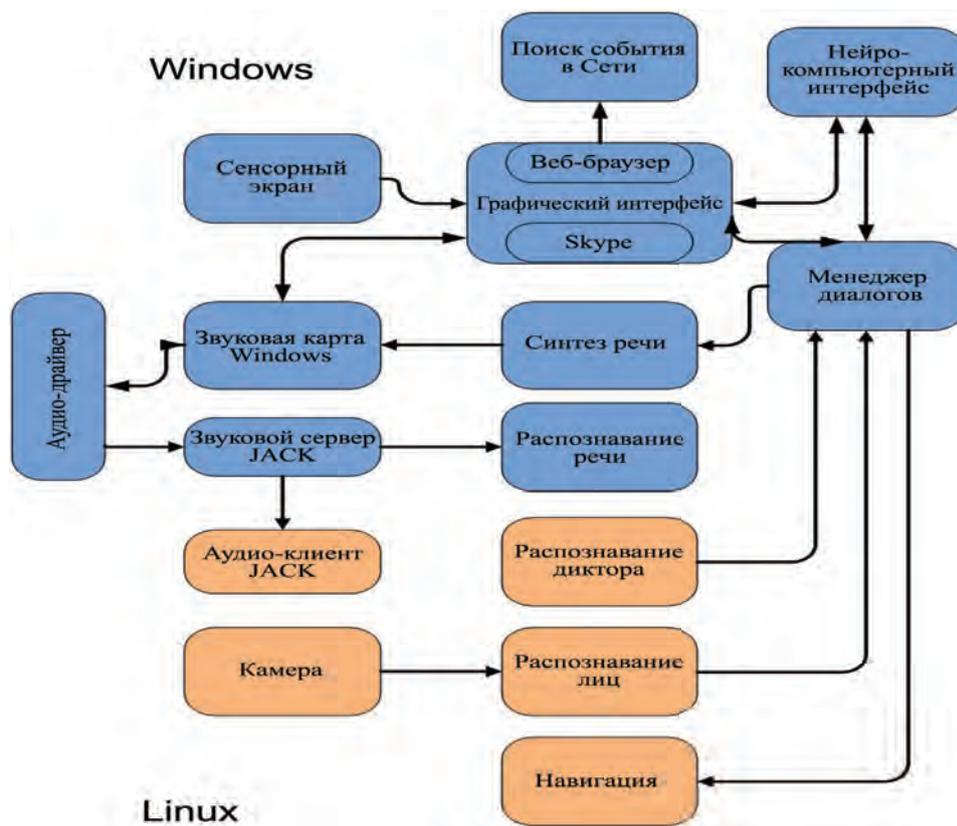


Рис. 1. Архитектура интерфейсной части робота ALIAS [17]

Роль роботов в образовании довольно специфична. С одной стороны, очевидно, что робот ни в наши дни, ни в ближайшем будущем не сможет заменить собой человека-учителя. Это связано, в первую очередь, с межличностным взаимодействием учителя и ученика. Процесс обучения не сводится к простому изложению какой-либо информации и проверке того, насколько хорошо она была усвоена; важнейшим компонентом является личная работа с учащимися, включающая в себя понимание психологии последнего и поиск эффективных средств мотивации.

С другой стороны, робот способен запомнить и представить гораздо большее количество информации, нежели человек. Робот, в отличие от человека, имеет расширенный функционал средств для ее представления. Наконец, робот – по крайней мере, на данном этапе роботизации социума – неизбежно привлекает к себе внимание и способствует как интересу к предмету в частности, так и пропаганде образования в целом.

Роботы достаточно широко используются в образовательной сфере. Основными предметами, для обучения которым используются роботы, являются точные науки (информатика [19], математика [20]), прикладные науки (робототехника [21]), а также изучение иностранных языков. Роль робота в образовательном процессе варьирует от наглядного пособия до учителя: робот может быть наглядным пособием, учеником [22], помощником учителя или в некоторой степени – учителем [23]. В качестве примера популярных моделей, использующихся в образовательной сфере, можно привести роботов Nao, DARwIn OP, Dash&Dot, RUBI-5 [24–26].

К социальным роботам относятся роботы, разработанные для функционирования в социальной сфере: обслуживанию большого количества людей, предоставлению информации и навигации. Социальные роботы рассчитаны на взаимодействие с самыми разными слоями населения, поэтому их интерфейс должен быть интуитивно понятным и многомодальным. Среди прочих требований к социальным роботам можно перечислить «дружелюбную» внешность, мобильность и легкость настройки в зависимости от конкретных функций.

Робот-промоутер Promobot от одноименной российской компании позиционируется как сервисный робот для бизнеса, способный эффективно общаться и обслуживать многочисленных клиентов [27]. К основным особенностям Promobot следует отнести навигацию в местах повышенного скопления людей, понимание и синтез речи для ответов на интересующие пользователя вопросы, возможность вывода демонстрационных (рекламных) материалов на встроенный дисплей, распознавание лиц и распознавание по биометрическим данным. Концептуально схожи с Promobot платформы типа Emiview [28], Furo-S (роботизированный киоск, снабженный 3D-аватаром стилизованной человеческой головы) [29] или REEM; (основное отличие состоит в отсутствии 3D-аватара) [30]. HALA – робот-секретарь, разработанный в университете Carnegie Mellon, чьей отличительной особеннос-

тью является использование визуализированного на сенсорном мониторе 3D-аватара вместо роботизированной головы [31]. Благодаря этому система может взаимодействовать и со слабослышащими людьми. Движения губ аватара полностью совпадают с речевым сигналом, что дает возможность читать по губам, а также аватар позволяет использовать невербальные средства коммуникации, такие как покачивания головой или мимику.

Коллаборативная робототехника

Одной из последних тенденций развития робототехники является коллаборативная робототехника; соответственно, коллаборативные роботы обычно называются «коботами». Коботы чаще всего обладают функционалом промышленных роботов, однако обладают рядом важных отличий: во-первых, коботы оснащаются датчиками прикосновения, что позволяет им работать рядом с людьми без риска нанесения увечья. Во-вторых, коботы обладают значительно меньшим весом, нежели промышленные роботы, что существенно повышает их мобильность. В-третьих, коботы обладают дружелюбным интерфейсом, что позволяет проводить быструю перенастройку.

В качестве примера можно привести проект SecondHands («вторые руки») [32], финансируемый ЕС, который посвящен работе по созданию робота-помощника для технических специалистов. Разработка робота является совместной работой École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Технологического института Карлсруэ (KIT), Sapienza Università di Roma (SUR), Университетского колледжа Лондона (UCL) и OcadoTechnology. Основной моделью является робот ARMAR-6, имеющий гуманоидные торс, голову и руки и передвигающийся с помощью колесной опорно-ходовой части (рис. 2). Робот снабжен камерами для определения местоположения и захвата объектов, которые затем может передать инженерам на складе.



Рис. 2. Внешний вид робота ARMAR-6 [32]

Основная цель проекта – создание робота-помощника, оснащенного манипуляторами и способного помогать людям в проведении таких работ, как доставка предметов, монтаж, грамотное применение инструментов, обеспечивать физическую поддержку при выполнении тяжелых задач. Основным местом применения робота являются автоматизированные склады британского онлайн-супермаркета Ocado.

Робот ARMAR-6 является классическим примером так называемого «коллоборативного робота» или «кобота», отличающегося от промышленного робота, во-первых, безопасностью (пользователю не требуется каких-либо специальных защитных средств для совместной работы с роботом) и, во-вторых, возможностью самообучения и быстрой, гибкой настройки (робот не привязан к конкретной задаче, диапазон его действий достаточно широк и вариативен).

Специфика интерфейсов в сферах космических исследований, общественной безопасности и боевого применения

Использование роботов в космической сфере («космороботов» или «космобиотов») связано с рядом специфических ограничений и требований, что позволяет выделять этот класс сервисных роботов в отдельную категорию. В первую очередь, косморобот должен обладать высокой отказоустойчивостью. Это требование обусловлено трудностью (а подчас и невозможностью) ремонта или замены робота в условиях космической деятельности, высокой стоимостью самого робота и работ, которые обыкновенно на него возлагаются. Поэтому роботы для космических исследований должны без проблем переносить старт с земной поверхности, весить как можно меньше, функционировать в экстремальных условиях (космическая радиация), обладать большими объемами энергетических ресурсов (чаще всего космороботы работают на солнечных батареях). Кроме того, космороботы должны стабильно взаимодействовать с человеком в условиях затрудненной коммуникации (зачастую в отсутствие непосредственной близости и даже прямой видимости с оператором), ориентироваться и выполнять различные работы в неизученной среде, сложных навигационных условиях. Что касается конкретных направлений внедрения космороботов, то их можно разбить на две группы: социальные и сервисные задачи.

Под социальными задачами понимаются такие типы взаимодействия, для которых характерны, во-первых, естественные, интуитивно понятные большинству пользователей каналы обмена информацией и, во-вторых, пользователь и робот являются относительно равноправными участниками коммуникативного акта.

Сервисные задачи – тип взаимодействия, не требующий развитых способностей обмена информацией; пользователь дает команды роботу, робот выполняет поставленные перед ним специфические задачи и сообщает о результатах.

В качестве примера социальных задач для космороботов можно назвать информационную и психологическую поддержки членов экипажа. Под информационной и психологической поддержками членов экипажа понимается предоставление по запросу сведений в объеме бортовой документации по управлению бортовыми системами, использованию снаряжения, технике безопасности и т.п., а также возможность диалога по темам, близким каждому космонавту на борту корабля [9].

К сервисным задачам относится выполнение специфических действий: доставка грузов, питания, медикаментов, расходных материалов в условиях работы на внеземной поверхности. Сюда же можно отнести выполнение исследовательской работы на внеземной поверхности, например, разведка территории, картографирование и т.п. Представляется, что это направление особенно актуально в связи с повышенным уровнем риска для космонавта. Наконец, к категории специфических действий следует отнести разнообразные манипуляции с объектами: погрузка, разгрузка, коллекционирование образцов, бурение, выемка грунта, монтаж и замена деталей и т.п.

Современные исследования привели к появлению ряда решений [33–36], связанных с традиционной для робототехники задачей разделения функций между человеком и роботом [37, 38]. Можно с определенной долей уверенности предполагать, что в обозримом будущем в пилотируемой космонавтике будут широко применяться сервисные роботы, в частности, манипуляционные робототехнические комплексы. Так, активно ведутся разработки в области антропоморфных манипуляционных роботов. В качестве примера можно назвать проекты Robonaut и FEDOR. Считается, что копирующий режим взаимодействия оператора с роботом обеспечит универсальность и оперативность динамической перенастройки, равно как и расширит область применения манипуляционных роботов.

Важность стабильного человеко-машинного взаимодействия в космосе заставляет разрабатывать интерфейсы с модальностями, отличными от речевого, тактильного или текстового ввода, получивших широкое распространение при создании сервисных роботов.

Кроме того, многомодальность в целом хорошо соответствует концепции робота андроидного типа; последняя, по мнению ряда специалистов, оказывается перспективной в сфере космонавтики: «В космосе из-за жестких требований к весовым характеристикам выводимого на орбиту оборудования и с учетом того факта, что космонавт сегодня должен уметь выполнять тысячи различных манипуляций, предпочтительным оказывается ориентация на универсализм робота, что практически является синонимом «истинной» андроидности». [39: 43]

В рамках проекта MOONWALK по разработке технологий для будущих космических миссий на Марс и Луну в Европейском космическом агентстве (ESA) был спроектирован и испытан многомодальный интерфейс для жестового управления роботом-ассистентом [40]. Основной причиной является

неудобство «традиционного» ручного управления в тяжелом скафандре. Очевидное, казалось бы, решение – голосовое управление – также оказывается неудобным и непрактичным из-за шума в скафандре, вызванного циркуляцией воздуха. Жестовое управление способно решить некоторые задачи по взаимодействию космонавта с роботизированным ассистентом.

Для отслеживания жестов в проекте MOONWALK применяются инерционные блоки измерения, закрепленные на скафандре пользователя. Инерционные датчики снимают условие непосредственного визуального контакта между космонавтом и роботом, что может быть полезно в условиях затрудненной видимости, например, во время песчаной бури.

Помимо жестового интерфейса, космонавт имеет доступ к сенсорным дисплеям, закрепленным на его скафандре в области груди. Также технологии, разработанные в рамках MOONWALK, подразумевают «узнавание» космонавта роботом посредством видеокамеры.

Другой разработкой в космической сфере является [41] концепция робозмеи для космических исследований, управляемой жестами из американской дактильной азбуки. Для считывания положения пальцев и рук предлагается использовать сенсорные перчатки, оснащенные датчиками изгиба. Данные передаются при помощи радиомодуля NRF24L01 непосредственно на робозмею. Рабочая дальность передачи информации составляет 150 метров.

После того, как контроллер получает сигнал от датчиков изгиба, установленных на перчатке, данные проходят через фильтр для осуществления предварительной нормализации и затем уже передаются на контроллер робозмеи, который выполняет соответствующее движение (рис. 3).

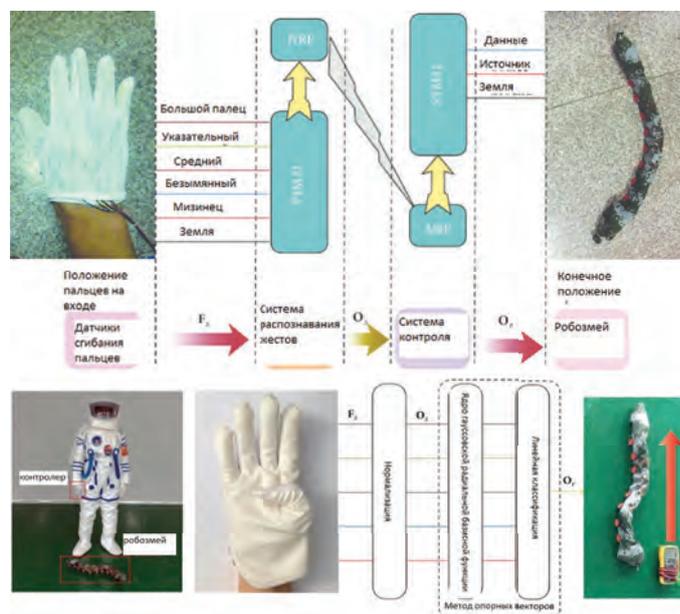


Рис. 3. Принцип работы робозмеи [41]

Робозмея может работать в паре с гусеничным или колесным средством, таким как марсо- или луноход. Последние могут использоваться для быстрой доставки робозмеи в заданную точку; робозмея, уступая в скорости марсо- или луноходу, обладает тем неоспоримым преимуществом, что может проникать в труднодоступные места на поверхности планеты.

Для экспериментов [41] было выбрано 16 жестов из американской жестовой азбуки. Как утверждают авторы статьи, им удалось добиться хороших результатов при распознавании.

Предложенный прототип не является многомодальным, однако очевидно, что реальная имплементация системы будет сопровождаться добавлением других каналов связи с робозмеей (например, удаленным управлением при помощи сенсорного дисплея), что позволит повысить надежность работы системы.

Довольно известной отечественной разработкой является робот FEDOR (Final Experimental Demonstration Object Research) – разработка НПО «Андроидная техника» и Фонда перспективных исследований по заказу МЧС РФ [42].

На 2021 год запланированы испытания робота на орбите в качестве пилота многоразового пилотируемого космического корабля. Корабль проведет в автономном полете одни сутки, предусмотрены сессии по дистанционному управлению роботом с Земли.

FEDOR – гуманоидный робот, изначально разработанный как робот-аватар, дистанционно управляемый оператором. Помимо того, робот оснащен системой голосового управления и синтеза речи, что облегчает его взаимодействие с космонавтами на борту корабля. По состоянию на 2017 год FEDOR в режиме телеуправления мог водить транспортное средство, стрелять из пистолета, работать с дрелью и открывать двери.

Робот Kirobo, разработанный совместными усилиями ряда японских организаций в рамках проекта Kibo Robot Project, является примером использования ассистивных технологий в околоземном пространстве [43]. Робот успешно побывал на МКС, проведя на орбите 18 месяцев в качестве робота-компаньона для японского астронавта Коити Вакаты.

Kirobo оснащен многомодальным интерфейсом, позволяющим ему распознавать речь и жесты, запоминать лица, синтезировать речь (пока что только для японского языка).

Полиция Дубая заявила о начале тестирования робота-полицейского [44]. Основной функцией робота является трансляция информации о ситуации в патрулируемой зоне в командный центр полиции, но, кроме того, пользователи могут взаимодействовать с ним напрямую посредством сенсорного экрана на его груди или путем голосового общения. Кроме того, заявлено о разработке системы распознавания лиц.

В [45] предлагается проект военного робота с голосовым управлением. Особенностью является автономный режим функционирования, подразумевающий самостоятельное принятие машиной решений. Кроме того, ро-

бот оснащен системой определения мертвых тел по тепловому излучению, IP-камерой ночного видения для работы в темное время суток.

Система работает следующим образом: при поступлении входящего сигнала с ультразвуковых датчиков расстояния или датчика движения (PIR sensor), оператор, находящийся в диспетчерской, принимает решение о дальнейших действиях на основании видеоинформации, переданной беспроводной IP-камерой на экран компьютера. Далее оператор дает голосовые команды («Открыть огонь!», «Вперед!», «Налево!» и т.п.), передаваемые роботу посредством устройства управления Arduino UNO. За распознавание команд оператора отвечает модуль Voice Recognition Module V3.1. Утверждается, что этот модуль способен распознавать 80 команд.

Классификация технологий интерфейсов

В настоящем обзоре были вкратце представлены основные сферы и конкретные способы применения роботизированных технологий. Можно проанализировать охваченные настоящим обзором многомодальные интерфейсы для роботов по следующим критериям:

- 1) типы модальностей;
- 2) сфера применения;
- 3) роль при взаимодействии с человеком;
- 4) внешний вид.

Под типами модальностей понимается перечень каналов для передачи и/или приема информации, доступных для данного интерфейса. Понятие сферы применения было довольно подробно раскрыто выше, во введении к настоящей работе. Роль при взаимодействии с человеком определяет тип взаимодействия с пользователем: прямое или не прямое. Наконец, к внешнему виду относятся данные о том, представляет ли собой робот киоск, является ли антропоморфным роботом, обладает ли 3D-аватаром и т.п.

Абсолютное большинство рассмотренных интерфейсов являются многомодальными, поддерживающими распознавание и синтез речи, т.е. использующими речевой канал как для приема, так и для передачи информации. Во многом это связано с общей тенденцией перехода к парадигме интеллектуальных пространств, требующих естественных способов взаимодействия пользователя и искусственного интеллекта [46, 47]. Максимально привычной и естественной для современного человека формой коммуникации является речевая [10: стр. 16], очевидно, именно поэтому технологии синтеза и распознавания речи получили наибольшее распространение в многомодальных интерфейсах.

Регулярным исключением оказываются роботы, предназначенные для работы в условиях, в которых голосовая коммуникация была бы затруднена или оказалась бы излишней. Это, в первую очередь, роботы для космических исследований, а также военные роботы.

В некоторых случаях важной оказывается мимическая модальность (проект RUBI, ориентированная на работу с детьми, или секретарь HALA, понятная слабослышащим за счет качественной анимации губ во время речи). Следует заметить, однако, что полноценная разработка антропоморфных роботов, способных передавать широкий спектр человеческих эмоций посредством мимики, с технической точки зрения довольно сложна, и вряд ли получит широкое распространение в ближайшем будущем. Хорошей альтернативой оказывается применение 3D-аватаров, визуализируемых посредством дисплея.

Самой частотной комбинацией модальностей оказываются речевая и сенсорная. Обе модальности чаще всего дублируют друг друга, однако голосовой интерфейс предпочтителен для ситуационно-ориентированного взаимодействия, тогда как графический интерфейс удобнее в режиме телеприсутствия или в тех случаях, когда робот предлагает пользователю сделать выбор. Сочетание этих двух модальностей хорошо подходит для ассистивных технологий, обеспечивая понятное и интуитивное взаимодействие человека с машиной. Остальные модальности – мимическая, жестовая и тактильная – остаются слишком специфическими для бытовых условий и применяются только по мере необходимости.

Большинство социальных роботов, помимо синтеза и распознавания речи, обладают функцией распознавания лиц. Такое решение кажется совершенно естественным, если учесть, что пользователь склонен воспринимать робота-собеседника как живое существо, соответственно, хороший социальный робот должен имитировать личную заинтересованность в человеке-собеседнике, запоминая и идентифицируя его лицо. Кроме того, основной функцией некоторых моделей (HALA) является исполнение секретарских обязанностей, и для этого распознавание лиц просто необходимо. Имитация и распознавание мимики, по-видимому, не являются необходимыми для социального робота. Исключения довольно редки (Robotinho) или связаны с тем, что модель оснащена экраном, на котором визуализирован 3D-аватар.

Перечень модальностей роботов, предназначенных для космических полетов, достаточно узок и отражает специфику человеко-машинного взаимодействия в экстремальных условиях. Основной рабочей модальностью оказывается жестовая – это связано с тем, что голосовое или сенсорное взаимодействие зачастую оказываются затруднены. Робот FEDOR, наоборот, не умеет распознавать жесты, но может распознавать и синтезировать речь, что вполне соответствует его предназначению: работа на борту космической станции, а не на поверхности планет или в открытом космосе.

Образовательные роботы по каналам ввода/вывода информации сближаются с социальными. Основной модальностью следует считать голосовую, в некоторых случаях она сочетается с распознаванием лиц или сенсорным интерфейсом (RUBI-5). Следует заметить, что некоторые из упомянутых в обзоре роботов являются перепрограммируемыми (Nao, DARwIn), поэтому количество модальностей для них может меняться (табл. 1.)

Основными сферами применения многомодальных технологий в робототехнике являются ассистивная, образовательная и социальная, часто объединяемые под общим ярлыком «социальная сфера». Это довольно легко объяснить, если учесть, что многомодальные интерфейсы хорошо подходят – а в некоторых случаях оказываются просто необходимыми – при человеко-машинном взаимодействии, не требующем от пользователя специальных знаний и умений. Социальные роботы ориентированы как раз на общение с максимально большим количеством людей, зачастую не имеющих опыта человеко-машинного взаимодействия (табл. 2).

Таблица 2

Распределение роботизированных платформ по сферам применения

	Сферы применения	Многомодальный пользовательский интерфейс
Сервисные персональные	Образование, ассистивные технологии, развлечения, домашняя работа и т.п.	Да
Сервисные профессиональные	Оборонные технологии, сельское хозяйство, космические исследования, уборка, мониторинг, логистика, промоботы и т.п.	Нет (за исключением промоботов)

Дадим краткий обзор некоторых сфер робототехники, не ориентированных в настоящее время на преимущественное использование многомодальных технологий.

Два класса профессиональных сервисных роботов – роботы для космических исследований и военные роботы – тяготеют к моделям непрямого и дистанционного общения, однако в последнее время в этих областях появляются разработки, связанные с имплементацией если не полностью многомодального, то речевого или жестового управления [48]. Военные и космические роботы зачастую оказываются незаменимы в условиях агрессивной окружающей среды, а управление ими традиционным способом при помощи графического интерфейса или голосом зачастую просто невозможно. В таких условиях основным способом взаимодействия оказывается жестовый (табл. 3).

Большая часть рассмотренных интерфейсов поддерживает прямое человеко-машинное взаимодействие, т.е. такое взаимодействие, при котором и человек, и робот равноправны в смысле инициирования диалога и поддержания интерактивности.

В работе [49] при обсуждении человеко-машинных интерфейсов проводится различие между прямым ('direct') и непрямым ('indirect') взаимодействием. В случае непрямого взаимодействия пользователь контролирует робота, получая взамен информацию о выполнении задания, обстановке и т.п., тогда как прямое взаимодействие подразумевает «равноправный» обмен потоками информации. Широко распространенной моделью непрямого взаи-

модействия является Master-Slave («ведущий–ведомый»), находящая реализацию в таких интерфейсах, как графический, сенсорный или основанный на радиоуправлении.

Таблица 3

Сферы применения роботов с многомодальным интерфейсом

Ассистивные технологии	Образование	Космические исследования	Военное дело и безопасность	Социальная сфера
Human Support Robot (HSR)	NAO h25 evolution v5	Проект MOONWALK	Робокон из Дубая	Promobot
Hector	DARwin-OP	Робозмей [38]	Проект военного робота [42]	HALA
KSERA	RUBI-5	FEDOR		Cosero
КОМПАИ-2	Dash&Dot			Robotinho
DOMEO	ROBOBO			PaPeRo
ALIAS				EMIEW-2
Therapist				Furo-S
САКНА				REEM
Kaspar				
Russell				
Kirobo mini				

Многомодальные интерфейсы актуальны в первую очередь для социальных и/или персональных роботов. В самом деле, многомодальность интерфейса позволяет достичь естественного и простого взаимодействия с роботом, что важно для «прямой» модели человеко-машинного взаимодействия. Прямая модель характерна для персональных, непрямая – для профессиональных сервисных роботов [50]. Единственным естественным и регулярным исключением являются социальные профессиональные роботы – роботы, способные в автономном или полуавтономном режимах взаимодействовать и общаться с людьми в общественных местах.

Одним из решающих факторов, влияющих на успех роботизации, оказывается естественность и простота взаимодействия пользователя с устройством [10, 59]. В особенности это важно тогда, когда основная сфера применения устройства связана с активным взаимодействием с человеком, например, в быту, в сфере развлечений и даже в экстремальных ситуациях. В идеале общение робота и человека ничем не должно отличаться от общения между двумя людьми. Оба коммуниканта должны использовать естественные, интуитивно понятные модальности: речь, мимику, жестикуляцию, эмоции, ситуативность и контекст [10: стр. 128–129]. Идеальное человеко-машинное взаимодействие не должно отличаться от взаимодействия двух пользователей в терминах модальности, иными словами, оно должно быть максимально естественным: «Главным отличием многомодальных интерфейсов от профессиональных средств взаимодействия, используемых оператором автоматизированного рабочего места, является применение способов ком-

муникации, характерных для общения между людьми» [51: стр. 196]. Такой способ обмена информацией не только привычен для пользователя, но еще и удобен: выбор модальности зачастую определяется ситуацией общения. Таким образом, робот, спроектированный для взаимодействия с человеком (социальные роботы) или же робот, для которого взаимодействие с человеком является необходимым условием успешного функционирования (роботы-помощники), должен располагать несколькими каналами обмена информацией с пользователем, то есть обладать многомодальным интерфейсом.

Выводы

В пилотируемой космонавтике применение сервисных роботов как помощников экипажа является отражением более широкой общемировой тенденции стремления к высвобождению человека от непроизводительного труда и бесконфликтной интеграции роботов в повседневную жизнь человека. Наиболее сложной оказывается задача построения эффективного диалога и поиска такого сочетания модальностей, чтобы в каждый момент времени работающий в сложных условиях пользователь (например, зашумленное помещение, отсутствие второго «коммуниканта» в прямой видимости) мог бы выбрать наиболее простой, доступный и надежный способ общения с роботом (речевой канал, жестовая коммуникация, сенсорный ввод и т.п.). В этом смысле пилотируемая космонавтика должна использовать достижения смежных областей, в которых идет интенсивное освоение естественных форм взаимодействия естественного и искусственного интеллекта [52].

В настоящее время, как показывают материалы данного обзора, имеются разработки и примеры успешных внедрений в сервисную робототехнику, которые позволяют с оптимизмом смотреть на прогресс технологий многомодальных интерфейсов.

Данное исследование проводится при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Соглашения № 14.616.21.0095 (идентификатор RFMEFI61618X0095).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] World Robotics – Industrial robots 2017: Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies. Frankfurt-am-Main: VDMA Verlag, 2017.
- [2] World Robotics – Service robots 2017: Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies. Frankfurt-am-Main: VDMA Verlag, 2017.
- [3] Роботы и робототехнические устройства: Классификация. М.: Стандартинформ, 2016.
- [4] Akan B., Çürüklü B., Asplund L. Interacting with industrial robots through a multi-modal language and sensory systems // 39th International Symposium on Robotics. Seoul, 2008. pp. 66–69.
- [5] Bannat A., Gast J., Rehrl T., Rösel W., Rigoll G., Wallhoff F. A Multimodal Human-Robot-Interaction Scenario: Working Together with an Industrial Robot // Human-Computer Interaction. Novel Interaction Methods and Techniques. HCI 2009. Lecture Notes in Computer Science. 2009. vol. 5611. pp. 303–311.

- [6] Mautua I., Fernández I., Tellaeché A., Kildal J., Suspereggi L., Ibarguren A., Sierra B. Natural multimodal communication for human–robot collaboration // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2017. vol. 14(4).
- [7] *World Robotics – Service robots 2017: Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies*. Frankfurt-am-Main: VDMA Verlag, 2017.
- [8] Усов В.М., Крючков Б.И., Карпов А.А., Кулаков Ф.М., Чернакова С.Э. Инженерно-психологический анализ технологий дополненной реальности для визуальной поддержки дистанционного управления роботом-манипулятором // *Информация и космос*. – 2015. – № 4(5). С. 58–67.
- [9] Карпов А.А., Крючков Б.И., Ронжин А.Л., Усов В.М. Проектирование взаимодействия человек-робот в составе единой команды космонавтов и автономных мобильных роботов на поверхности луны // *Экстремальная робототехника*. – 2016. – Т. 1, № 1. С. 71–81.
- [10] Ронжин А.Л., Карпов А.А., Ли И.В. *Речевой и многомодальный интерфейсы*. М.: Наука, 2006.
- [11] Набокова Л.А. Зарубежные «ассистивные технологии», облегчающие социальную адаптацию лиц с нарушениями развития // *Дефектология*. – 2009. – № 2. С. 84–92.
- [12] Toyota Partner Robot // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: http://www.toyota-global.com/innovation/partner_robot/family_2.html#h210 свободный.
- [13] Companionable research project delivers robotic assistance for the elderly // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/companionable-research-project-delivers-robotic-assistance-elderly> свободный.
- [14] Mayer P., Beck Ch., Panek P. (2012). Examples of multimodal user interfaces for socially assistive robots in Ambient Assisted Living environments // *3rd IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Kosice 2012*. pp. 401–406.
- [15] КОМПАИ: The Connected Healthcare Assistant // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: https://kompai.com/docs/kompaifyer_en.pdf свободный.
- [16] The DOMEО Homepage // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: http://www.aat.tuwien.ac.at/domeo/index_en.html свободный.
- [17] AAL Programme: ALIAS // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://www.aal-europe.eu/projects/alias/> свободный.
- [18] Calderita L., Bustos P., Suárez Mejías C., Fernández F., Bandera A. THERAPIST: Towards an autonomous socially interactive robot for motor and neurorehabilitation therapies for children // *Proceedings of the 7th International Conference Pervasive Computing Technologies for Healthcare and Workshops*. Venice, 2013. pp. 374–377.
- [19] Balch T., Summet J., Blank D., Kumar D., et al. Designing personal robots for education: hardware, software, and curriculum // *IEEE, Pervasive Computing*. 2008. vol. 7(2). pp. 5–9.
- [20] Highfield K., Mulligan J., Hedberg J. Early mathematics learning through exploration with programmable toys // *Proc. Joint Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (32nd: 2008) and the North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education (30th : 2008), Morelia, Mexico 2008*. pp. 169–176.

- [21] Chiou A. Teaching technology using educational robotics // *UniServe Science Scholarly Inquiry Symposium Proceedings* 2004. pp. 9–14.
- [22] Okita S.Y., Ng-Thow-Hing V., Sarvadevabhatla R. Learning together: asimo developing an interactive learning partnership with children // *Proc. RO-MAN. 2009 – The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Toyama, 2009.* pp. 1125–1130.
- [23] Goodrich M.A., Schultz A. Human robot interaction: a survey // *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction.* – 2007. – vol. 1(3). – pp. 203–275.
- [24] Роботы DARwIn // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://robotgeeks.ru/collection/darwin> свободный.
- [25] Dash is a child's first real robot friend // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <https://www.makewonder.com/dash> свободный.
- [26] Johnson D., Malmir M., Forster D., Alac M., Movellan J. Design and early evaluation of the RUBI-5 sociable robots // *Proceedings of IEEE International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL).* San Diego, CA, 2012. pp. 1–2.
- [27] Встречайте новый PROMOBOT V.4 // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <https://promo-bot.ru> свободный.
- [28] Nakamura R., et al. Development of Human-symbiotic Robot EMIEW2: Mechanism and System Constitution // *Proceedings of ROBOMEC 2008.* pp. 1–3.
- [29] Future Robot: FURo-Desk // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://www.futurerobot.co.kr/en/page/product01.php> свободный.
- [30] Tellez R., et al. Reem-B: An autonomous lightweight human-size humanoid robot // *Humanoids 2008 - 8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots.* Daejeon. 2008. pp. 462–468.
- [31] Makatchev M., et al. Dialogue patterns of an Arabic robot receptionist. // *5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Osaka 2010.* pp. 167–168.
- [32] SecondHands – A Robot Assistant For Industrial Maintenance Task // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <https://secondhands.eu/> свободный.
- [33] Градовцев А.А. Средства робототехнического обеспечения перспективной космической инфраструктуры // *Научно-технические ведомости СПбГПУ.* – 2013. – № 1. – С. 111–118.
- [34] Тимофеев А.Н. Проблемы применения в космосе антропоморфных роботов // *Сб. трудов 7-го международного симпозиума «Экстремальная робототехника – робототехника для работы в условиях опасной окружающей среды» (ER-2013).*
- [35] Сорокин В.Г. Вариант состава и структурной схемы базового блока автономного антропоморфного робота космического назначения // *Пилотируемые полеты в космос.* – 2017. – № 1 (22). – С. 68–84.
- [36] Михайлюк М.В., Крючков Б.И., Усов В.М. Виды интерфейса для дистанционного взаимодействия космонавтов с автономными мобильными роботами при внекорабельной деятельности на лунной поверхности // *Пилотируемые полеты в космос.* – 2017. – № 4 (8). – С. 41–53.
- [37] Крючков Б.И., Усов В.М. Новые направления робототехники в пилотируемой космонавтике // *Пилотируемые полеты в космос* – 2013. - № 1 (6). – С. 93–100.
- [38] Цыганков О.С. Заменит ли робот космонавта в операциях внекорабельной деятельности // *Пилотируемые полеты в космос.* – № 2 (4). – 2012. – С. 74–87.

- [39] Крючков Б.И., Усов В.М. Антропоцентрический подход в организации совместной деятельности космонавтов ПКК и робота-помощника антропидного типа. // Пилотируемые полеты в космос – 2012. – № 3 (5). – С. 42–57.
- [40] Weiss P. et al. The Moonwalk Project Astronaut-Robot Cooperation in European Space Analogue Simulations // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://www.projectmoonwalk.net/moonwalk/?p=781> свободный.
- [41] Jinguo Liu, Yifan Luo, Zhaojie Ju. An Interactive Astronaut-Robot System with Gesture Control // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2016. – vol. 2016. – P. 11.
- [42] Робот Федор станет героем России // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: https://lenta.ru/news/2017/11/20/became_an_hero/ свободный.
- [43] Kibo Robot Project // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://kibo-robot.jp/en/robot/type1.html> свободный.
- [44] Dubai Police Recruit UAE's first 'Robocop' // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://mediaoffice.ae/en/media-center/news/21/5/2017/police.aspx> свободный.
- [45] Nileshkumar P.P., Bhupendrakumar P.M., Singh P, Patel Sagar B. Voice Guided Military Robot for Defence Application // International Journal for Innovative Research in Science & Technology. – 2016. – vol. 2(11). – pp. 189–193.
- [46] Ducatel K., Bogdanowicz M., Scapolo F., Leijten J., Burgelman J-C. ISTAG - Scenarios of Ambient Intelligence in 2010 // European Commission Community Research. 2001.
- [47] Юсупов Р.М., Ронжин А.Л. От умных приборов к интеллектуальному пространству // Вестник Российской академии наук. – 2010. – Т. 80(1). – С. 45–51.
- [48] Р.М. Юсупов, Б.И. Крючков, А.А. Карпов, А.Л. Ронжин, В.М. Усов. Возможности применения многомодальных интерфейсов на пилотируемом космическом комплексе для поддержания коммуникации космонавтов с мобильным роботом – помощником экипажа // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 3(8). – С. 23–34.
- [49] Thrun S. Toward a Framework of Human-Computer Interaction // Human-Computer Interaction. – 2004. – vol. 19(1). – pp. 9–24.
- [50] Карпов А.А., Юсупов Р.М. Многомодальные интерфейсы человеко-машинного взаимодействия // Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88(2). – С. 146–155.
- [51] Ронжин А.Л., Юсупов Р.М. Многомодальные интерфейсы автономных мобильных робототехнических комплексов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2015. – № 1(162). – С. 195–206.

REFERENCES

- [1] World Robotics – Industrial robots 2017: Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies. Frankfurt-am-Main: VDMA Verlag, 2017.
- [2] World Robotics – Service robots 2017: Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies. Frankfurt-am-Main: VDMA Verlag, 2017.
- [3] Robots and Robotic Facilities: Classification. Moscow: Standartinform, 2016.
- [4] Akan B., Çürüklü B., Asplund L. Interacting with industrial robots through a multi-modal language and sensory systems // 39th International Symposium on Robotics. Seoul, 2008. pp. 66–69.

- [5] Bannat A., Gast J., Rehr T., Rösel W., Rigoll G., Wallhoff F. A Multimodal Human-Robot-Interaction Scenario: Working Together with an Industrial Robot // Human-Computer Interaction. Novel Interaction Methods and Techniques. HCI 2009. Lecture Notes in Computer Science. 2009. vol. 5611. pp. 303–311.
- [6] Maurtua I., Fernández I., Tellaeché A., Kildal J., Suspereggi L., Iburguren A., Sierra B. Natural Multimodal Communication for Human–Robot Collaboration // International Journal of Advanced Robotic Systems. 2017. vol. 14(4).
- [7] World Robotics – Service robots 2017: Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies. Frankfurt-am-Main: VDMA Verlag, 2017.
- [8] Usov V.M., Kryuchkov B.I., Karpov A.A., Kulakov F.M., Chernakova S.E. Engineering-Psychological Analysis of Augmented Reality Technologies for Visual Support of Robot-Manipulator Remote Control. // Magazin Information and Space. – 2015. – No 4(5). pp. 58–67.
- [9] Karpov A.A., Kryuchkov B.I., Ronzhin A.L. Usov V.M. Human-Robot Interaction Design as a Part of an Integrated Team on the Surface of the Moon // Ekstremalnaya Robototekhnika. – 2016. – vol. 1, No 1. pp. 71–81.
- [10] Ronzhin A.L., Karpov A.A., Lee I.V. Speech and Multimodal Interfaces. Moscow: Nauka Pybl., 2006.
- [11] Nabokova L.A. International Assistive Technologies for Social Aadaptation of People with Developmental Disabilities // Defektologiya. – 2009. No 2. pp. 84–92.
- [12] Toyota Partner Robot // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL:http://www.toyota-global.com/innovation/partner_robot/family_2.html#h210 free.
- [13] Companionable research project delivers robotic assistance for the elderly // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/companionable-research-project-delivers-robotic-assistance-elderly> free
- [14] Mayer P., Beck Ch., Panek P. (2012). Examples of Multimodal User Interfaces for Socially Assistive Robots in Ambient Assisted Living Environments // 3rd IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Kosice 2012. pp. 401–406.
- [15] KOMPAĪ: The Connected Healthcare Assistant // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: https://kompai.com/docs/kompai_flyer_en.pdf free
- [16] The DOME0 Homepage // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: http://www.aat.tuwien.ac.at/domeo/index_en.html free
- [17] AAL Programme: ALIAS // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <http://www.aal-europe.eu/projects/alias/> free
- [18] Calderita L., Bustos P., Suárez Mejías C., Fernández F., Bandera A. THERAPIST: Towards an Autonomous Socially Interactive Robot for Motor and Neurorehabilitation Therapies for Children // Proceedings of the 7th International Conference Pervasive Computing Technologies for Healthcare and Workshops. Venice, 2013. pp. 374–377.
- [19] Balch T., Summet J., Blank D., Kumar D., et al. Designing Personal Robots for Education: Hardware, Software, and Curriculum // IEEE, Pervasive Computing. 2008. vol. 7(2). pp. 5–9.
- [20] Highfield K., Mulligan J., Hedberg J. Early mathematics learning through exploration with programmable toys // Proc. Joint Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (32nd: 2008) and the North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education (30th: 2008), Morelia, Mexico 2008. pp. 169–176.

- [21] Chiou A. Teaching Technology Using Educational Robotics // *UniServe Science Scholarly Inquiry Symposium Proceedings 2004*. pp. 9–14.
- [22] Okita S.Y., Ng-Thow-Hing V., Sarvadevabhatla R. Learning Together: Asimo Developing an Interactive Learning Partnership with Children // *Proc. RO-MAN. 2009 – The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Toyama, 2009*. pp. 1125–1130.
- [23] Goodrich M.A., Schultz A. Human Robot Interaction: a Survey // *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*. – 2007. – vol. 1(3). – pp. 203–275.
- [24] Robots DARwIn // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <http://robotgeeks.ru/collection/darwin> free
- [25] Dash is a Child’s First Real Robot Friend // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <https://www.makewonder.com/dash> free
- [26] Johnson D., Malmir M., Forster D., Alac M., Movellan J. Design and early evaluation of the RUBI-5 sociable robots // *Proceedings of IEEE International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL)*. San Diego, CA, 2012. pp. 1–2.
- [27] Meet the New PROMOBOT V.4 // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <https://promo-bot.ru> free
- [28] Nakamura R., et al. Development of Human-symbiotic Robot EMIEW2: Mechanism and System Constitution // *Proceedings of ROBOMECH 2008*. pp. 1–3.
- [29] Future Robot: FURo-Desk // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <http://www.futurerobot.co.kr/en/page/product01.php> free
- [30] Tellez R., et al. Reem-B: An autonomous lightweight human-size humanoid robot // *Humanoids 2008 - 8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*. Daejeon, 2008. pp. 462–468.
- [31] Makatchev M., et al. Dialogue patterns of an Arabic robot receptionist. // *5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, Osaka 2010. pp. 167–168.
- [32] SecondHands – A Robot Assistant For Industrial Maintenance Task // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <https://secondhands.eu/> free
- [33] Gradovtsev A.A. Robotic Means Ensuring Future Space Infrastructure // *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU*. – 2013. – No 1. – pp. 111–118.
- [34] Timofeev A.N. Issues of Using Anthropomorphic Robots in Space // *Proceedings of the 7th International Symposium “Extreme Robotics – Robotics for Activities in High-Risk Environment” (ER-2013)*.
- [35] Sorokin V.G. An Option of the Configuration and Structural Scheme of the Base Unit of the Stand-Alone Humanoid Space Robot // *Manned Space Flights*. – 2017. – No 1(22). – pp. 68–84.
- [36] Mikhailyuk M.V., Kryuchkov B.I., Usov V.M. Options of Interfaces for the Remote Interaction of Cosmonauts with Autonomous Mobile Robots during Extravehicular Activity on the Lunar Surface // *Manned Space Flights*. – 2017. – No 4(8). – pp. 41–53.
- [37] Kryuchkov B.I., Usov V.M. New Directions in Robotics for the Purposes of Manned Cosmonautics // *Manned Space Flights* – 2013. – No 1(6). – pp. 93–100.
- [38] Tsygankov O.S. Will a Robot Replace a Cosmonaut In Performing EVA Operations? // *Manned Space Flights*. – No 2(4). – 2012. – pp. 74–87.
- [39] Kryuchkov B.I., Usov V.M. Anthropocentric Approach to the Organization of Joint Activity of Cosmonauts and an Android-Type Robotic Assistant aboard a Manned Space Complex. // *Manned Space Flights* – 2012. – No 3(5). – pp. 42–57.

- [40] Weiss P. et al. The Moonwalk Project Astronaut-Robot Cooperation in European Space Analogue Simulations // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <http://www.projectmoonwalk.net/moonwalk/?p=781> free
- [41] Jinguo Liu, Yifan Luo, Zhaojie Ju. An Interactive Astronaut-Robot System with Gesture Control // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2016. – vol. 2016. – P. 11.
- [42] Robot Fedor will become the hero of Russia // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: https://lenta.ru/news/2017/11/20/became_an_hero/ free
- [43] Kibo Robot Project // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <http://kibo-robot.jp/en/robot/type1.html> free
- [44] Dubai Police Recruit UAE's first 'Robocop' // [Electronic Resource] – Electronic Data – Access Mode: URL: <http://mediaoffice.ae/en/media-center/news/21/5/2017/police.aspx> free
- [45] Nileshkumar P.P., Bhupendrakumar P.M., Singh P, Patel Sagar B. Voice Guided Military Robot for Defence Application // International Journal for Innovative Research in Science & Technology. – 2016. – vol. 2(11). – pp. 189–193.
- [46] Ducatel K., Bogdanowicz M., Scapolo F., Leijten J., Burgelman J-C. ISTAG - Scenarios of Ambient Intelligence in 2010 // European Commission Community Research. 2001.
- [47] Yusupov R.M., Ronzhin A.L. From Smart Devices to Intellectual Space // Vestnik Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2010. – vol.80(1). – pp. 45–51.
- [48] R.M. Yusupov, B.I. Kryuchkov, A.A. Karpov, A.L. Ronzhin, V.M. Usov. Application of Multimodal Interfaces on Manned Space Complexes for Communication of Cosmonauts with Mobile Robot – Assistants // Manned Space Flights. – 2013. – No 3(8). – pp. 23–34.
- [49] Thrun S. Toward a Framework of Human-Computer Interaction // Human-Computer Interaction. – 2004. – vol. 19(1). – pp. 9–24.
- [50] Karpov A.A., Yusupov R.M. Multimodal Man-Computer Interfaces // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2018. – vol. 88(2). – pp. 146–155.
- [51] Ronzhin A.L., Yusupov R.M. Multimodal Interfaces of Autonomous Mobile Robotic Complexes // Izvestiya SFedU. – 2015. – No 1(162). – pp. 195–206.

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 347.85

*К 25-летию принятия Закона Российской Федерации
«О космической деятельности»*

У ИСТОКОВ

РОССИЙСКОГО КОСМИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

С.А. Жуков, И.М. Моисеев

Канд. техн. наук С.А. Жуков; И.М. Моисеев

20 августа 1993 года был принят, а 6 октября 1993 года опубликован и вступил в силу Закон Российской Федерации «О космической деятельности». Тем самым была создана отправная точка и заложены принципиальные основы правового регулирования космической деятельности в России. В статье дается хроника разработки законопроекта, обзор событий и дискуссий, предшествующих принятию первого российского «космического» закона.

Ключевые слова: Закон, космическая деятельность, космическое право, правовое регулирование, Верховный Совет, Президент Российской Федерации, Российское космическое агентство, Московский космический клуб.

At the Origins of Russian Space Legislation.

S.A. Zhukov, I.M. Moiseyev

The Law of the Russian Federation “On Space Activities” was published on August 20 and came into force on October 6, 1993. Thus, the starting point was created and the fundamental principles of the legal regulation of space activities in Russia were laid. The paper chronicles the drafting of the bill, reviews the events and discussions preceding the adoption of the first Russian “space” law.

Keywords: Law, space activities, space law, legal regulation, Supreme Council, President of the Russian Federation, Russian Space Agency, Moscow Space Club.

Постановка задачи

Вопрос о необходимости национального космического законодательства впервые был сформулирован осенью 1990 года в ходе дискуссий, предшествующих созданию Московского космического клуба (МКК). Идея создания правовой базы космонавтики вполне соответствовала настроениям в обществе, стремлениям выстроить правовое государство.

В СССР не только не существовало национального космического права, но и не было даже опубликованных научно-исследовательских работ по этому направлению. Список российской литературы по теме – 3 тонких

книжки, все по международному праву [1, 2, 3]. Причина – полная закрытость проблематики космической отрасли для общества. Секретность космоса в то время была «священной коровой», а закон подлежит публикации.

В конце 1990 года были сформулированы основные задачи, которые должны были способствовать решению проблем космонавтики:

«...группа экспертов Московского космического клуба считает необходимым параллельное решение трех ключевых взаимосвязанных задач.

Первая – разработать концепцию развития советской космонавтики.

*Вторая – разработать государственную программу исследования и освоения космического пространства, **обеспечить ей законодательный статус в Союзе и в республиках.***

Третья – провести структурные и организационные реформы, которые бы определили возможность выполнения государственной программы и обеспечивали бы «выживаемость» космонавтики в нынешних не очень легких условиях» [4].

Первая позиция была отражением попыток добиться от государства ясной формулировки целей и задач страны в космосе. Вторая позиция апеллировала к союзным республикам в условиях сильных центробежных тенденций в СССР и предполагала введение законодательной защиты космической деятельности от последствий неизбежных изменений в отношениях Центра и республик.

Следующим шагом должно было стать конкретизация и детализация разработки проекта Закона, подготовка соответствующих документов. Тогда это не удалось. Время не благоприятствовало законотворческой работе. Закон – отражение некоего консенсуса в обществе, механизм стабилизации достигнутых положительных решений. А общество бурлило. Выдвигалось множество альтернативных политических подходов, давались самые разные прогнозы, в большинстве – пессимистические.

Надо было ответить на основной вопрос – а что, собственно, должно быть в российском законе о космосе? Можно было взять за основу американский аналог [5], уже продемонстрировавший свою эффективность, но ситуация в нашей стране была совершенно иной.

В конце 1990 года в МКК сформировалась рабочая группа, подготовившая и представившая на общественное обсуждение материалы для инициативной «космической доктрины СССР» – концептуального документа по реформе и развитию отечественной космонавтики. Один из разделов был посвящен вопросам формирования национального космического права.

«ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Любые идеи могут быть реализованы в человеческом обществе двумя способами: с помощью директивных указаний либо с помощью нормативных актов. Первое характерно для иерархических, авторитарных систем и совершается обычно в негласных формах применительно к каждому кон-

кретному случаю. Второе характеризует демократические системы и предполагает гласность официально установленных нормативных требований и их сознательное применение самостоятельными субъектами. Именно по этой причине процесс демократизации в нашей стране идет нога в ногу с процессом построения правового государства. Поэтому реформа в космонавтике, направленная на укрепление самостоятельности организаций, участвующих в космической деятельности, и стимулирование инициативы занятых в космической науке и технике специалистов немислимы без разработки и принятия космического законодательства.

...
С точки зрения содержания в законах, регулирующих космическую деятельность, должны прежде всего устанавливаться принципы космической политики СССР.

К ним, на наш взгляд, относятся:
принцип исследования и использования космического пространства на благо народов СССР и всего человечества;
принцип свободы исследования и использования космоса;
принцип неприисвоения космоса и его частей;
принцип международного сотрудничества и взаимной помощи;
принцип ответственности государства за национальную космическую деятельность.

Далее в законодательном порядке должны быть установлены государственные органы, отвечающие за разработку национальной программы и контроль за соответствием космической деятельности установленным требованиям. Необходима регламентация деятельности этих органов, разграничение их компетенции и ответственности, четкое решение процедурных вопросов.

Одна из задач космического законодательства – защита прав организаций и граждан, вовлеченных в космическую деятельность. Права собственности, иные имущественные вопросы, трудовые отношения и социальные гарантии – весь комплекс связей, возникающих между космическими фирмами и их сотрудниками, а также между ними и соответствующими государственными органами, должны быть урегулированы открытым законодательством.

Наконец, в законодательном порядке должна быть установлена ответственность за ущерб, причиненный организациям и гражданам, а также за неблагоприятные экологические последствия ракетных запусков, падения частей космических аппаратов и т.п. Здесь следовало бы предусмотреть дисциплинарную, материальную и уголовную ответственность должностных лиц, виновных в нарушении принципов космической политики и правил осуществления космической деятельности.

Особый разговор о правовом регулировании коммерческой космонавтики. Дело в том, что коммерция без права в принципе невозможна. Ком-

мерческие отношения – это отношения равноправных партнеров, которые обмениваются не только принадлежащими им продуктами, но и правами на эти продукты. И не случайно в США после принятия Закона об аэронавтике и исследовании космического пространства 1958 г. каждый новый закон в этой области принимался тогда, когда очередная «созревшая» отрасль космонавтики передавалась для коммерческого использования. Так, в 1962 г. был принят Закон о коммерческих спутниках связи; в 1964 г. – Закон о коммерческих запусках и Закон о коммерциализации дистанционного зондирования Земли; в настоящее время рассматривается Закон о страховании в ходе космических запусков и полетов.

В нашей стране также придется пойти по пути разработки законопроектов о коммерциализации космической деятельности либо законопроектов по отдельным направлениям коммерческой космонавтики. Эта задача приобрела особую остроту в связи с выходом наших предприятий и организаций на международный космический рынок. Любой внешнеторговый контракт представляет собой юридический документ, привязанный и защищенный определенной правовой системой. Если этой системы нет, то соответствующая сторона оказывается в крайне невыгодном положении. В случае нарушения контрагентом своих обязательств она лишена реальных возможностей защитить свои интересы. Попытки заключения внешнеторговых сделок по высоким технологиям без защиты интеллектуальной собственности и промышленных секретов на уровне национального законодательства – это, по существу, и есть скрытая распродажа национально-го достояния» [6].

Техническое задание

В августе 1991 года в стране произошли радикальные политические и экономические изменения. Как следствие была ликвидирована и существовавшая в СССР система государственного управления космической деятельностью. МКК активно включился в работы по созданию новой системы государственного управления. Были использованы отработанные принципы и подходы, сформулированные в упомянутой доктрине советской космонавтики. Важнейшими элементами реформы стали создание Российского космического агентства (РКА), разделение компетенций между гражданским и военным секторами космонавтики, внедрение программно-целевых методов планирования.

Формирование законодательной базы российской космонавтики было отложено, так как ситуация требовала оперативного реагирования в сфере исполнительной власти. Тем не менее, в Протоколе совещания у Президента Российской Федерации от 15 февраля 1992 года, предшествующего подписанию Указа Президента от 24 февраля 1992 года № 185 «О структуре управления космической деятельностью в Российской Федерации», было зафиксировано поручение:

«6. РАН (Институт государства и права) совместно с МИД, Госкомсотрудничества, РКА и ВС СНГ (УНКС) в трехмесячный срок разработать и представить в Правительство РФ проект закона об основах правового регулирования космической деятельности в РФ, обратив особое внимание на вопросы собственности на космические аппараты».

Это поручение не было выполнено, однако законопроект разрабатывался. Авторы настоящей статьи узнали об этом позже.

Наша работа над проектом закона о космической деятельности началась в апреле 1992 года. К 29 апреля в ходе нескольких обсуждений был сформулирован первый вариант концепции закона. 5 мая доработанный и окончательный вариант концепции был подписан авторами – В.М. Постышевым, С.В. Кричевским, И.М. Моисеевым, А.И. Рудевым и Н.Н. Фефеловым.

В концепции говорилось, что закон о космической деятельности должен быть направлен на:

«1. Установление правовых начал космической деятельности как базы для дальнейшего развития законодательства в данной области.

2. Обеспечение:

- приоритета потребностей граждан России;*
- мирной направленности космонавтики;*
- открытости принимаемых решений при обязательной независимой экспертизе;*
- конкурсности проектов и антимонополизма;*
- равного доступа к космической деятельности и ее результатам;*
- максимальной эффективности космической деятельности при минимуме затрат;*
- развития негосударственных коммерческих структур;*
- безопасности космической деятельности;*
- ответственности государства, организаций и граждан, осуществляющих космическую деятельность».*

Многие из перечисленных задач актуальны и сегодня.

5 мая 1992 года был подписан договор между Верховным Советом РФ (Заказчик) и МКК (Исполнитель) на «...разработку проекта Закона Российской Федерации о космической деятельности». Договор подписали первый заместитель Председателя Верховного Совета Сергей Филатов и президент МКК Сергей Жуков. Техническое задание со стороны Заказчика согласовал председатель Комиссии по транспорту, связи, информатике и космосу депутат Алексей Адров (рис. 1).

В Техническом задании были обозначены сроки – с 5 мая по 30 декабря 1992 года. Работа оформлялась как научно-исследовательская, ее задачи перечислены ниже:

«2. Основные задачи НИР:

2.1. Разработка концепции закона Российской Федерации о космической деятельности;



Рис. 1. Сканы фрагментов договора на разработку проекта закона

2.2. Изготовление текста соответствующего законопроекта;

2.3. Обоснование закона с характеристикой его места в системе действующего законодательства, а также ожидаемых социально-экономических последствий принятия закона.

...

5. Перспективы развития НИР.

Закон Российской Федерации о космической деятельности закладывает основы правового регулирования в этой области.

В дальнейшем на его основе должны быть разработаны и приняты законы, регулирующие отдельные направления космической деятельности, и пакет соответствующих подзаконных актов».

Во временный трудовой коллектив (ВТК) входили: Иван Михайлович Моисеев, Анатолий Иванович Рудев, Сергей Владимирович Кричевский, Николай Николаевич Фефелов, Анатолий Викторович Лапшин. Руководителем ВТК был избран И.М. Моисеев, но фактически работой и в организационном, и содержательном отношении руководил представитель Заказчика Владимир Михайлович Постышев. Формально в ВТК он войти не мог.

Распределение обязанностей и направлений работ между Заказчиком и Исполнителем было примерно следующим:

А.Н. Адров – народный депутат, председатель Комиссии ВС РФ. Он был идеальным заказчиком: в сущность работы не вмешивался, всячески помогал и, если требовалось, защищал ВТК. Его ключевой вклад – достижение консенсуса заинтересованных сторон вплоть до согласования окончательной редакции закона.

В.М. Постышев – главный специалист Комиссии по транспорту, связи, информатике и космосу имел решающее слово по составу и редакции норм, вводимых в проект закона.

А.И. Рудев – сотрудник ЦНИИмаша. Как специалист по международному космическому праву, он обеспечивал согласование соответствующих положений.

А.В. Лапшин – начальник лаборатории космодрома Плесецк, подполковник, грамотный и разумный военный специалист.

С.В. Кричевский и Н.Н. Фефелов, представлявшие ЦПК имени Ю.А. Гагарина, в описываемый период готовились к полету в космос. Они занимались конструктивной и разноплановой работой над законопроектом. В числе прочего, настаивали на включении в документ положений о пилотируемой космонавтике и о космонавтах.

Сергей Кричевский позднее так описал свое и Фефелова участие в работе:

«Еще осенью 1991 года я был командирован для работы в Рабочую группу Правительства России по космонавтике, затем весной 1992 года мне продлили командирование в Комитет по обороне и безопасности ВС РФ для работы над проектом закона. Одновременно с этим по моей инициативе из ЦПК был откомандирован космонавт Николай Фефелов, кандидат юридических наук. Мы ежедневно приезжали из Звездного городка в Белый дом, где размещался Верховный совет, а вечером уезжали обратно. Тратили на дорогу на электричках и метро по 5 часов в день.

Мы активно участвовали в содержательной работе по созданию концепции закона о космической деятельности, а затем проекта закона, в частности, занимались отработкой терминологии, основных понятий, аспектов обеспечения безопасности космической техники и деятельности, охраны окружающей среды, формулировок статей. Кроме того, я сидел за компьютером и набирал текст, вносил многочисленные правки, делал новые итерации – варианты, электронные копии, распечатывал текст.

Николай Фефелов значительное внимание уделял отработке основных понятий в части космической инфраструктуры, прав собственности, военных аспектов космической деятельности, пилотируемой космонавтики.

Кроме того, мы с Н.Н. Фефеловым, продолжая работать над проектом закона, одновременно в инициативном порядке разработали проект «Положения о космонавтах Российской Федерации», который поддержал В.М. Постышев. Летом 1992 года, после завершения основной работы над проектом закона, мы вернулись к своим служебным обязанностям в отряде космонавтов».

Разработка законопроекта

Как отмечалось выше, подготовка текста законопроекта шла итерациями. Исходя из положений концепции закона, готовили текст, обсуждали его, выработывали поправки и предложения, готовили следующий вариант... Всего

получилось тринадцать версий законопроекта. Шестой вариант, завершённый 20 июля 1992 года, был представлен на общественное обсуждение. 30 июля была сделана почтовая рассылка документа от имени Комиссии Верховного Совета России примерно в 200 адресов. Адресатами стали около 100 предприятий космической отрасли, все субъекты Федерации, несколько связанных с космосом министерств, независимые эксперты.

Большинство полученных ответов были лаконичны: «нет замечаний и предложений». Однако 67 писем содержали возражения и предложения, подкреплённые соответствующей аргументацией. После их обработки было выделено 943 содержательных тезиса (нормы).

В таблице приведен список авторов и число выданных автором предложений. Предложения разные – от изменения одного слова (таких были единицы) до пакета на нескольких страницах. Приведённая таблица даёт представление о субъектах и уровне их заинтересованности.

Таблица

Свод предложений (замечаний)
к проекту закона о космической деятельности

Автор – организация или физическое лицо	Число предложений (замечаний)
НПО «Энергия» им. С.П. Королёва	86
Центр подготовки космонавтов	63
Л.В. Лесков	52
А.А. Серебров	39
Институт медико-биологических проблем	36
С. Васильев	35
Космодром «Плесецк»	34
РКА	34
Военно-космические силы Минобороны России	32
Генеральный штаб	31
Минатом России	28
КБ ТМ	23
ЦНИИмаш	21
ИКИ РАН	20
КБ Общего машиностроения	20
Госстандарт России	19
Минторгресурс России	19
М.В. Тарасенко	16
Президент Российской Федерации	16
НИИ тепловых процессов	15
Минсвязи России	14
Мособлсовет	14
Генеральная прокуратура	13
С. Рыбников	13
НПО им. С.А. Лавочкина	12

Продолжение таблицы

Автор – организация или физическое лицо	Число предложений (замечаний)
ПО «Полет»	12
ЦЭМП «Защита»	12
Воронежский механический завод	11
Минюст России	11
Космодром «Капустин Яр»	11
НИИ Химмаш	11
ВИКИ им. А.Ф. Можайского	10
Моссовет	10
Госкомитет РФ по чрезвычайным ситуациям	8
Государственная налоговая служба России	8
Минпром России	8
Уральское отделение РАН	8
Администрация Брянской области	7
Госатомнадзор	7
М.Д. Малей	7
МВД России	7
Роскомгидромет	7
КБ «Мотор»	6
Комитет по геодезии и картографии	6
ОКБ «Факел»	6
ПО «Красноярский машзавод»	6
Администрация Воронежской области	5
В.П. Мишин	5
Калининградский горсовет	5
КБ Химавтоматики	5
Самарский завод «Прогресс»	4
Совет министров Карелии	4
Таможенный комитет	4
ООО «Маренго»	3
ГУ медико-биологических и экстремальных проблем	3
МГТУ им. Н.Э. Баумана	3
НПО ИТ	3
РАН	3
Госкомизобретений	2
Минсельхоз России	2
НПО «Молния»	2
Госстрахнадзор	1
К.П. Феоктистов	1
КБ Химмаш	1
Минобороны России	1
НИИ Точных приборов	1
Самарский областной совет народных депутатов	1

Не все предложения и замечания были приняты, но все тщательно изучены. Решение по каждому предложению принималось после обсуждения в ВТК. Большая часть была признана рациональными, но выходящими за пределы регулирования закона в его последней редакции. Возможно, высказанные идеи все еще ждут своего часа.

Общий итог работы ВТК был подведен в заключении президента Российской Федерации от 3 декабря 1992 года на проект закона. (рис.2).

В заключении, в частности, говорилось: «...данный вариант проекта закона, на наш взгляд, выгодно отличается от проекта, подготовленного Институтом государства и права Российской академии наук совместно с Российским космическим агентством, Министерством обороны и Министерством иностранных дел, поскольку выполнен на методологически более высоком уровне, предусматривает участие в осуществлении полномочий по регулированию космической деятельности субъектов Федерации, и по ряду других причин...».

Таким образом, договор между ВС РФ и МКК на разработку законопроекта был выполнен, продукция сдана Заказчику в установленный срок, акты сдачи-приемки подписаны. Но история создания закона о космической деятельности не закончилась. Предстояла работа по согласованию и принятию законопроекта.

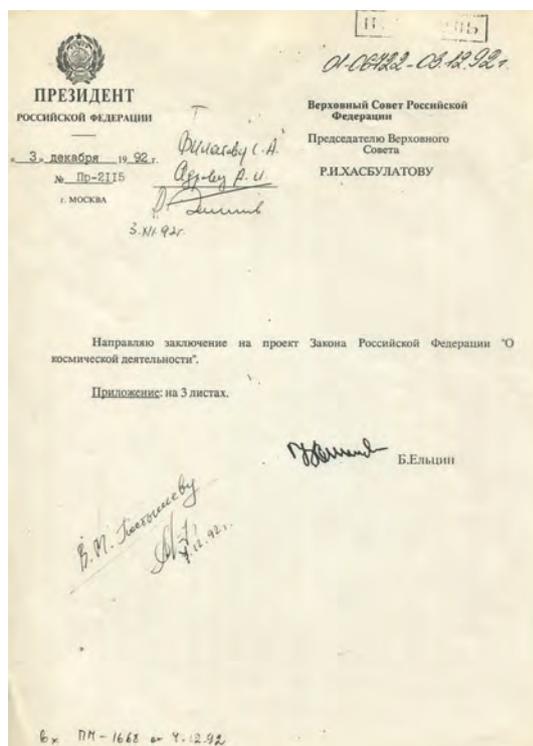


Рис. 2. Титульный лист заключения президента РФ на проект закона

Принятие закона

1993 год для ВТК начался с письма президента России Б.Н. Ельцина в адрес председателя Верховного Совета России Р.И. Хасбулатова. Этим письмом, в соответствии с установленной процедурой, на рассмотрение Верховного Совета вносился проект закона Российской Федерации «Об основах регулирования космической деятельности». Приложение на 13 листах содержало законопроект, подготовленный Институтом государства и права РАН (ИГП РАН) (рис. 3).

Возникла интрига. 3 декабря 1992 года президент сообщает о поддержке законопроекта, подготовленного в Верховном Совете, и о том, что этот документ лучше проекта Института государства и права, а спустя двадцать два дня, 25 декабря, он вносит в Верховный Совет второй законопроект.

Читатель уже знает о совещании у Б.Н. Ельцина, состоявшемся в феврале 1992 года, где в протокол (с нашей же подачи) был записан пункт о разработке законодательства по космосу. Разработка поручалась ИГП РАН, а на работу давалось три месяца. Срок давно прошел, о разработке ИГП РАН не было слышно, и поручение казалось благополучно забытым. Но только казалось!

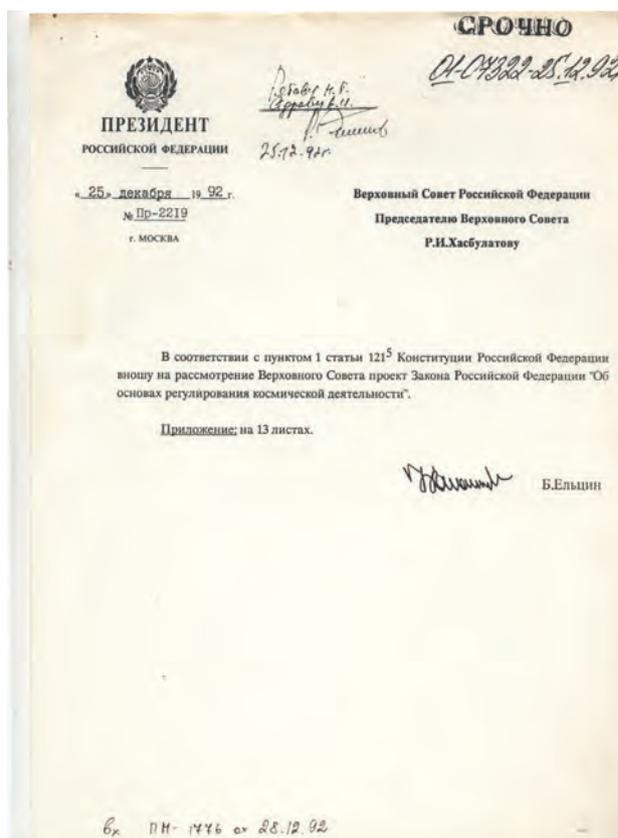


Рис. 3. Письмо об альтернативном варианте проекта закона

Уже после того, как прошло обсуждение «нашего» варианта законопроекта, заместитель директора ИГП РАН В.С. Верещетин поговорил с президентом РАН Ю.С. Осиповым, а тот, в свою очередь, написал и передал президенту России письмо с просьбой *«в срочном порядке официально представить в Верховный Совет разработанный по Вашему поручению проект закона Российской Федерации об основах регулирования космической деятельности»*. Что Борис Николаевич и сделал – минувя принятую процедуру, по которой это письмо в аппарате президента должны были остановить, напомнив о предыдущем письме.

С этой весьма пикантной ситуацией разбирался Владимир Постышев, пытаясь «спасти лицо» высоких руководителей. Было подготовлено и согласовано письмо об отзыве альтернативного проекта за подписями Ю.С. Осипова, А.Н. Адрова и генерального директора РКА Ю.Н. Коптева. Однако президент РАН передумал подписывать письмо, и тогда Постышев рассказал о случившемся журналисту-космонавту Светлане Омельченко, которая опубликовала в «Деловом мире» довольно едкую статью под названием «Закон о космонавтике: «Липа в альтернативном варианте» [7].

Позднее от альтернативного законопроекта отказались и его авторы. На совещании в Верховном Совете, о котором речь пойдет ниже, В.С. Верещетин сказал: *«Сейчас он [проект] в какой-то степени устарел, потому что работа над ним не ведется скоро почти год... В этой связи я не буду ничего говорить об этом проекте...»*.

Тем не менее, все содержательные нормы проекта ИГП РАН были внесены в общую базу предложений по проекту закона и предметно рассмотрены.

Многие отзывы содержали замечания о том, что проект слишком детальный, перегружен подробностями. Было принято решение радикально сократить текст. Из 43 статей осталось 30, из 68 страниц – 35.

У «короткой» версии было один недостаток – все проблемные вопросы и нормы, отношение к которым, мягко говоря, было не однозначным, оказались на поверхности, стали ясно видимыми. Из-за таких спорных норм «сильные игроки» – Российское космическое агентство, Министерство обороны и Российская академия наук – могли бы занять непримиримую позицию по документу в целом. Большую роль в поиске компромисса сыграл депутат А.Н. Адров. Он поддерживал позицию ВТК по многим спорным нормам, но при этом понимал, что поддержка проекта «сильными игроками» необходима.

Рассмотрим основные спорные позиции законопроекта.

1. Вся Статья 13 «Российский космический фонд». Было много возражений в необходимости создания такой структуры, а еще больше – в отношении норм, определяющих ее деятельность. Активным сторонником создания Российского космического фонда был В.М. Постышев.

2. Автором и сторонником второй спорной нормы был А.И. Рудев. Норма была сформулирована так: *«Организация с участием иностранного капитала может являться исполнителем работ по государственному за-*

казу, если доля иностранного капитала в ее уставном фонде не превышает сорока девяти процентов».

3. Самое большое неприятие вызвала норма, предложенная И.М. Моисеевым:

«В Российской Федерации запрещаются:

...

– опытно-конструкторские работы по созданию средств военной техники и вооружений, предназначенных для поражения объектов в космосе или из космоса».

Против этой нормы резко выступали Минобороны и РАН. Озвучивали они аргументацию в основном патриотического характера, но не без прагматических соображений: и те, и другие имели заказы по соответствующей тематике.

2 марта 1993 года А.Н. Адров организовал совещание по вопросу о внесении на первые чтения проекта закона Российской Федерации «О космической деятельности». В совещании официально участвовали: Ю.Н. Коптев, Б.В. Бодин (РКА); Ю.Г. Гусев, С.Н. Ермак, В.Г. Безбородов, В.Г. Зуев, В.Г. Поповкин (Минобороны); В.А. Котельников, А.В. Алферов (РАН); Г.В. Берденников, В.С. Вещунов (МИД); В.А. Степанов (Комитет по оборонным отраслям промышленности); Р.Г. Орехов, О.С. Галушко (Государственно-правовое управление Администрации Президента); В.А. Пивнюк (Аппарат Правительства); Ю.А. Локтионов (Мособлсовет); А.Н. Адров, В.А. Гололобов, В.М. Постышев (Комиссия по транспорту, связи, информатике и космосу ВС РФ); А.А. Пискунов, А.Д. Новиков (Комитет по обороне и безопасности ВС РФ); В.Ю. Варламов (Юридический отдел ВС РФ); И.М. Моисеев, А.И. Рудев (эксперты). Кроме того, на совещании присутствовали: Н.Ф. Пожитков (Минсвязи России), Б.И. Крючков и Н.Н. Фефелов (ЦПК), С.Е. Савицкая (Ассоциация участников космических полетов), В.М. Ковтуненко (НПО Лавочкина), М.И. Вильчек (Комитет по науке и народному образованию ВС РФ), С.С. Корунов (МАИ), В.В. Аксенов (НПО «Планета»), Ю.П. Семенов (НПО «Энергия»), Л.В. Лесков (НПО «Композит»), В.Ф. Уткин (ЦНИИмаш).

После вступительного слова Адрова выступили Постышев, Рудев и Моисеев. Они дали краткое обоснование спорных позиций законопроекта. В последующем обсуждении наиболее активными были представители Минобороны России и РАН. От РКА критики документа не было. В лице Б.В. Бодина РКА тесно сотрудничало с ВТК, и все разногласия были сняты в рабочем порядке.

По результатам обработки стенограммы совещания мы выделили 41 конкретное предложение, из них 19 учли в тексте законопроекта. Было решено спорные нормы о фонде и иностранных организациях оставить. Норму о запрете ударных космических вооружений представители Генерального Штаба и Военно-космических сил Министерства обороны предложили согласовать с Комитетом по обороне Верховного Совета. Это было сделано.

В пояснительной записке в Комитет по обороне и безопасности ВС РФ была показана несостоятельность озвученной на совещании контраргументации. В частности, говорилось, что предлагаемая система защиты спутниковых группировок с помощью ударных космических средств невозможна по физическим законам, а согласование нашего законодательства с американским, равно как и с американской военной доктриной, не является обязательным.

В записке сообщалось, что развернутая на территории Казахстана антиспутниковая система упоминается Пентагоном только один раз в году, в сентябре, когда представители Пентагона под тезис «Русские имеют единственную в мире антиспутниковую систему» выбивают лишний миллиард долларов на перспективные разработки. Сама по себе система боевого значения не имеет и опасна для нас самих (и действительно, вскоре система была ликвидирована – И.М.). Указывалось, что финансирование НИОКР по развитию ударного оружия в космосе было невозможно по экономическим причинам.

Особый акцент был сделан на политические последствия.

В 1993 году, говорилось в записке, Пентагон вместо СОИ должен запросить значительные суммы на разработку антиспутникового оружия. Этот запрос может быть хорошо аргументирован. Введя норму о запрете разработки аналогичного оружия в России, мы поможем Конгрессу и президенту США Клинтону заблокировать этот запрос Пентагона.

Нам было ясно, что рассматриваемая норма на ближайшие 5–10 лет носила декларативный характер. В случае необходимости можно было внести поправку в закон. Таким образом, с военной точки зрения мы только выигрывали время.

Комитет по обороне и безопасности поддержал позицию И.М. Моисеева, но, тем не менее, норма была изъята из текста законопроекта. Депутаты не хотели рисковать результатами огромной работы из-за одного вопроса.

12-ю версию проекта было решено вынести на первые парламентские слушания. В соответствии с процедурой, 21 апреля 1993 года она была направлена председателям комитетов и комиссий Верховного Совета для внесения замечаний.

27 апреля 1993 года принимаются Постановление ВС РСФСР «О мерах по стабилизации положения в космической науке и промышленности» и Заявление «О приоритетах космической политики Российской Федерации» [8, 9].

Истоки этих документов, подготовленных в Комиссии по транспорту, связи, информатике и космосу ВС РФ, лежали еще в первых слушаниях по космонавтике, когда стояла задача отреагировать на тревожные выступления представителей космической отрасли. Проекты Постановления и Заявления прошли процедуры согласования в Верховном Совете в 1992 году, а в апреле 1993 года особенно важным было на официальном и публичном уровне установить основные принципы будущего закона о космической деятельности.

В Заявлении, в частности, говорилось:

«1. Космическая деятельность в Российской Федерации осуществляется в целях обеспечения благосостояния граждан, развития Российской Федерации, укрепления ее безопасности, а также решения глобальных проблем человечества.

В российской космонавтике должны обеспечиваться:

- равное право предприятий, организаций и граждан Российской Федерации на участие в космической деятельности и использовании ее результатов;*
- доступность информации о космической деятельности;*
- ограничение монополизма и развитие предпринимательской деятельности;*
- независимая экспертиза космических проектов и программ;*
- безопасность космической деятельности, включая охрану окружающей природной среды».*

Вернемся к законопроекту. С апреля по июль 1993 года он «варился» внутри Верховного Совета России. От этого процесса осталось мало документов, потому что большая часть замечаний снималась или учитывалась в рабочем порядке, без исходящих и входящих писем.

Приведем пример. В комиссию А.Н. Адрова пришли два представителя Комитета по вопросам экологии и рационального использования природных ресурсов ВС РФ со своим предложением в проект закона, написанным от руки. В.М. Постышев переправил их к И.М. Моисееву. Суть предложения состояла в том, чтобы запретить загрязнение космического пространства «космическим мусором». Против такого предложения возразить нечего, но его следовало сделать конкретным. В обсуждении была сформулирована норма:

«В целях обеспечения стратегической и экологической безопасности в Российской Федерации запрещаются: ... вредное загрязнение космоса, ведущее к неблагоприятным изменениям окружающей природной среды, в том числе преднамеренная ликвидация космических объектов в космосе».

В большей части эта норма соответствовала снятой по результатам мартовского совещания норме о запрете антиспутникового оружия. Если нельзя преднамеренно ликвидировать космические объекты, значит нельзя их взрывать, то есть, проводить испытания противоспутникового оружия.

В таком виде норма и вошла в окончательную версию закона. У нас на первых порах этого «трюка» никто не заметил, зато заметили американцы. Сразу же после принятия у нас закона о космической деятельности Конгресс США прекратил финансирование антиспутниковой программы США. Ее финансирование возобновилось после 1996 года, когда данная норма была снята у нас.

Можно упомянуть еще об одном последствии необдуманного отказа от нормы, запрещающей взрывы в космосе. США после 1996 года (то есть, после отмены российской нормы о запрете ликвидации взрывов в космосе), хотя и вели широкие работы по антиспутниковому оружию, от реальных ис-

пытаний воздерживались. Но 11 января 2007 года КНР провела испытание, взорвав свой неработающий спутник. После взрыва на орбите образовалось долгоживущее и самое большое в мире облако обломков, представляющее реальную опасность для космических объектов. Полагаем, если бы в России продолжал действовать запрет на взрывы, а США продолжили его поддерживать, то и Китай не решился бы сотворить столь необдуманное действие.

20 июля 1993 года был завершен последний, 13-й вариант проекта закона.

Через месяц, 20 августа 1993 года Закон Российской Федерации «О космической деятельности» № 5663-1 был принят подавляющим большинством голосов, без голосов «против» и лишь при одном воздержавшемся. Авторам статьи неизвестно, кто это был и по каким мотивам воздержался.

Для того чтобы Закон вступил в силу, требовалось его подписание президентом Российской Федерации и публикация в печати.

21 сентября президент своим Указом прекратил деятельность Верховного Совета. Предполагая это, И.М. Моисеев перевез домой копии большинства документов, касающихся закона о космической деятельности.

3 октября 1993 года кризис перерос в вооруженную стадию, путчисты захватили мэрию, а вечером начали штурм Останкинского телецентра. Утром 4 октября вооруженный мятеж был подавлен, и этим же днем Б.Н. Ельцин подписал Закон «О космической деятельности». 6 октября Закон был опубликован в «Российской газете» и вступил в силу [10].

Итоги и дальнейшее развитие

Основной целью создания Закона Российской Федерации «О космической деятельности» являлось придание российской космонавтике правового статуса. В отсутствие такого закона, с учетом экономической и политической ситуации, само выживание космонавтики было бы под постоянной угрозой.

Закон «О космической деятельности» определил общие принципы, ввел базовые понятия и решил наиболее актуальные на тот момент правовые проблемы. Предполагалось, что с опорой на него будет разработана линейка законов, регулирующих конкретные направления космической деятельности.

Однако дальнейшее развитие законодательства в космической сфере пошло по иному пути.

Федеральным законом от 29 ноября 1996 года № 147-ФЗ в Закон «О космической деятельности» было внесено большое количество поправок. Поправки понижали законодательно определенный статус и значение космонавтики в России и, как ни парадоксально звучит, повышали возможности органов исполнительной власти, реализующих космические программы, выводили их деятельность из-под законодательного контроля.

Следует обратить особое внимание на поправки, изменяющие смысл и содержание фундаментального понятия «космическая деятельность». Практика прошедших 15 лет показала, что эти поправки оказали негативное воздействие на развитие многих направлений космонавтики.

В первой редакции Закона авторы стремились к возможно более четкому определению понятия «космическая деятельность». Стремясь достичь логичности и конкретности, авторы осознавали, что строгое определение поможет организациям и гражданам, работающим в отечественной космонавтике, получить преференции.

В первой редакции Закона понятие «космическая деятельность» вводится Статьей 2:

«Статья 2. Понятие космической деятельности

1. Для целей настоящего Закона под космической деятельностью понимается любая деятельность, связанная с непосредственным проведением работ по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела.

...

*2. Космическая деятельность включает создание (в том числе, разработку, изготовление, испытания), а также использование и передачу космической техники, космических технологий, иной продукции и услуг, **необходимых для осуществления космической деятельности**».*

После поправки статья 2 выглядит уже совершенно иначе (выделены изменения):

«Статья 2. Понятие космической деятельности

1. Для целей настоящего Закона под космической деятельностью понимается любая деятельность, связанная с непосредственным проведением работ по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела.

*К **основным направлениям** космической деятельности относятся:*

...

*2. Космическая деятельность включает в себя создание (в том числе разработку, изготовление и испытания), **использование (эксплуатацию) космической техники, космических материалов и космических технологий и оказание иных связанных с космической деятельностью услуг**, а также международное сотрудничество Российской Федерации в области исследования и использования космического пространства».*

Фактически эта поправка лишает пункт 1 статьи 2 правового смысла, так как нет определения либо разъяснения, что это такое – «основные направления» в контексте закона, и ничего не говорится о «неосновных направлениях космической деятельности».

Совершенно абсурдным представляется введение оборота «оказание иных **связанных** с космической деятельностью услуг» вместо «иной продукции и услуг, **необходимых** для осуществления космической деятельности» (как в первоначальной редакции).

С космической деятельностью связано огромное количество услуг – телевидение из космоса, встроенные в самые разные бытовые устройства приемники навигационной информации, геодезические и топографические

приборы в строительстве, множество других. И по тексту Закона – все это следует относить к космической деятельности и применять нормы космического законодательства к перечисленным работам, да и просто к использованию спутниковой информации.

К аналогичным последствиям приводят изменения в пункт 2 статьи 2 Закона.

Здесь вводится термин «использование (эксплуатация)». Следует отметить, что использование и эксплуатация – это различные понятия, относящиеся к разным субъектам деятельности. Например, эксплуатация спутника ДЗЗ включает, в первую очередь, его управление, осуществляемое соответствующим оператором, а вот использование спутника – это очень широкое понятие; использованием может заниматься огромное количество физических и юридических лиц. Таким образом, расшифровка термина «использование» как «эксплуатация» в правовом смысле некорректна и вносит возможность произвольного толкования.

Сегодня чуть ли не любую деятельность можно объявить космической. А это приводит, с одной стороны, к отказу предоставить преференции по тем или иным видам космической деятельности из-за опасений в злоупотреблении, с другой стороны, к распространению требований и ограничений закона (например, по вопросам лицензирования) на работы, ограничивать которые вредно для экономики. Возможность произвольного, по решению конкретного чиновника, отнесения работ к «космической деятельности» позволяет говорить о высоком уровне коррупционности поправок 1996 года. Расплывчатость и невнятность базовых понятий приводит к затруднениям в решении задач привлечения частного бизнеса в сферу космической деятельности. Предприниматель, задумавшийся о своем участии в работах по космосу, в первую очередь посмотрит на Закон «О космической деятельности». И либо не поймет, чего от него требует законодательство, либо поймет, что на этот закон ему опираться невозможно.

С 1996 года до 2015 года, когда с созданием Государственной корпорации «Роскосмос» началась активная правотворческая деятельность, в Государственную Думу был внесен 21 законопроект по вопросам космической деятельности. И это не учитывая законопроектов о ратификации международных соглашений и технических поправок «приведения в соответствие» с общим законодательством. Из упомянутых 21 законопроекта приняты только два: поправка в Налоговый кодекс и снятие статьи Закона о ратификации. Если основываться на заключениях Совета Федерации ВС РФ и администрации Президента, основной причиной отклонения законопроектов является их правовая бессодержательность. Вместо решения проблемных вопросов и выработки конкретных норм по регулированию космической деятельности, проекты содержат, в основном, тезисы лозунгового характера.

Конечно, каждый отклоненный законопроект имеет свой набор причин провала, но можно выделить некоторые общие. Помимо указанной выше рас-

пльвчатости базовых понятий, на качестве законопроектов негативно сказался кулуарный характер их разработки. О работах не сообщалось в прессе, даже специалисты зачастую не знали о планах законотворчества. Не проводились опросы заинтересованных субъектов космической деятельности. Таким образом, проекты не были испытаны «на прочность», упустили ряд важных областей, требующих регулирования.

В то же время, сами названия непринятых законопроектов показывают наличие широкого спектра вопросов, требующих правового регулирования, например:

- О предпринимательской деятельности в области исследования и использования космического пространства;
- О создании и применении космических средств в интересах обороны и безопасности Российской Федерации;
- О государственной поддержке потенциала космической индустрии и космической инфраструктуры Российской Федерации;
- О государственном регулировании международного сотрудничества субъектов космической деятельности Российской Федерации;
- О государственной поддержке ракетно-космической промышленности и космической инфраструктуры Российской Федерации;
- Об обеспечении безопасности космической деятельности Российской Федерации.

Несмотря на отсутствие каких-либо политических препятствий, законотворчество в космической сфере явно буксует. Печальные результаты столь большого объема работ свидетельствуют о неадекватной современным задачам организации законотворческого процесса в России.

Анализ сложившейся ситуации дает основание сформулировать первоочередные задачи в области формирования законодательной базы российской космической деятельности.

Первая задача – внесение окончательных изменений в Закон «О космической деятельности». В отличие от сегодняшней практики, изменения должны не расширять область действия Закона, а более жестко сформулировать правовые понятия в соответствии с интересами граждан России и требованиями развития космической отрасли.

Вторая задача – разработка и принятие специального закона о дистанционном зондировании Земли из космоса и, в качестве начального шага, разработка и обсуждение его концепции. Такой закон должен стать моделью для других специальных законов по отдельным направлениям космической деятельности.

И, наконец, третья задача – законодательное обеспечение действующих и планируемых мероприятий по реорганизации системы управления и структуры космической отрасли. Масштабность и характер этих мероприятий потребует введения новых законов, и необходимо обеспечить их высокое качество.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бордунов В.Д., Марков В.Н. «Космос–Земля–Право», М., «Международные отношения», 1978, 132 с.
- [2] Жуков Г.П. «Космос и мир». М., «Наука», 1985, 86 с.
- [3] «Новое в космическом праве» М., «ИГП», 1990, 150 с.
- [4] Жуков С.А., Моисеев И.М., «Московский космический клуб: люди и идеи» // «Астрономия, космонавтика», М., «Знание», № 5, 1991, С. 40–47.
- [5] National Aeronautics and Space Act – Signed Into Law by President Dwight D. Eisenhower on 29 July 1958.
- [6] «Космонавтика – предложено выжить» – М., «Знание». Сер. «Астрономия, Космонавтика». № 10, 1991, 64 с.
- [7] Омельченко С.О. «Липа в альтернативном варианте» // «Деловой мир», 12 марта 1993 г. // [электронный ресурс]. Доступ URL: <http://path-2.narod.ru/vp/history/lipa.pdf> свободный.
- [8] Постановление ВС РФ от 27.04.1993 № 4878-1 «О мерах по стабилизации положения в космической науке и промышленности» // [электронный ресурс]. Доступ URL: <http://bestpravo.com/rossijskoje/rf-postanovlenija/z7a.htm> свободный.
- [9] Заявление ВС РФ от 27.04.1993 № 4879-1 «О приоритетах космической политики Российской Федерации» // [электронный ресурс]. Доступ URL: <http://bestpravo.com/rossijskoje/rf-postanovlenija/z7w.htm> свободный.
- [10] Закон Российской Федерации «О космической деятельности» от 20.08.1993 № 5663-1. // «Российская газета», 6 октября 1993 года.

REFERENCES

- [1] Bordunov V.D., Markov V.N. “Space-Earth-Law”, Moscow, “Mezhdunarodnye otnosheniya”, 1978, P. 132.
- [2] Zhukov G.P. “Space and Peace”. Moscow, “Nauka” Publ., 1985, P. 86.
- [3] “New in Space Law”, Moscow, / IGP Publ., 1990, P. 150.
- [4] Zhukov S.A., Moiseev I.M. Moscow Space Club: People and Ideas // Astronomy, Cosmonautics. Moscow, Znaniye Publ., No 5, 1991, pp. 40–47.
- [5] National Aeronautics and Space Act – Signed into law by President Dwight D. Eisenhower on 29 July 1958.
- [6] Cosmonautics – Requested to Survive – Moscow, Znaniye Publ., Series: Astronomy, Cosmonautics No 10, 1991, P. 64.
- [7] Omelchenko S.O., An Alternative Fake//Business World, March 12,1993 // [Electronic Resource]. Access URL: <http://path-2.narod.ru/vp/history/lipa.pdf> free
- [8] Decree of the RF Armed Forces of 27.04.1993 No 4878-1 “Measures to Stabilize the Situation in Space Science and Industry” // [Electronic Resource]. Access URL: <http://bestpravo.com/rossijskoje/rf-postanovlenija/z7a.htm> free
- [9] Statement of the RF Armed Forces of 27.04.1993 No 4879-1 “Priorities of the Space Policy of the Russian Federation” // [Electronic Resource]. Access URL: <http://bestpravo.com/rossijskoje/rf-postanovlenija/z7w.htm> free
- [10] Law of the Russian Federation “On Space Activities” of 20.08.1993 No 5663-1. // Rossiyskaya Gazeta, October 6, 1993.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION

УДК 629.784

ИТОГИ ОТКРЫТОГО КОНКУРСНОГО ОТБОРА КОСМОНАВТОВ 2017–2018 гг.

Ю.И. Маленченко, А.А. Курицын, Е.В. Андреев

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ Ю.И. Маленченко;
докт. техн. наук, доцент А.А. Курицын; Е.В. Андреев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены предварительные итоги второго открытого отбора в отряд космонавтов Госкорпорации «Роскосмос», проведенного в РФ.

Ключевые слова: отряд космонавтов, отбор космонавтов, конкурсная комиссия, Госкорпорация «Роскосмос».

Results of the Open Competitive Cosmonaut Selection of 2017–2018. Yu.I. Malenchenko, A.A. Kuritsyn, E.V. Andreev

The paper considers preliminary results of the second open cosmonaut selection for the cosmonaut corps of the “Roscosmos” State Corporation, conducted in the Russian Federation.

Keywords: cosmonaut corps, cosmonaut selection, “Roscosmos” State Corporation

Анализ задействования космонавтов в программе МКС, проведенный в 2016 году, показал, что для обеспечения своевременного формирования и подготовки экипажей МКС до 2024 года требовалось провести в 2016–2017 годах очередной набор кандидатов в космонавты-испытатели в количестве 6–8 человек.

В настоящее время законодательно за отбор космонавтов в РФ отвечает Госкорпорация «Роскосмос». Ее полномочия в этой сфере определены Федеральным законом от 13.07.2015 г. № 215 – ФЗ «О Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос».

Отобранными в отряд космонавтов Роскосмоса могут быть только граждане Российской Федерации и только на основе конкурса. Это условие является обязательным, поскольку оно закреплено в Законе о космической деятельности (1993 г. № 5663–1 с изменениями от 13.07.2015 г., ст. 20). Порядок и условия конкурсов в общих чертах определяются Гражданским кодексом Российской Федерации, а основные правила их проведения уста-

навливаются Роскосмосом конкретно для каждого набора. Основные правила включают: принятые принципы отбора (открытость, добровольность, индивидуальность и др.); состав видов отбора; состав комиссий, осуществляющих отбор; требования к претендентам по видам отбора; последовательность и содержание процедур отбора; общие методические подходы к проведению отбора кандидатов в космонавты.

14 марта 2017 года Государственной корпорацией по космической деятельности «Роскосмос» было объявлено о проведении набора кандидатов в космонавты.

Приказ Госкорпорации «Роскосмос» об образовании конкурсной комиссии по проведению открытого конкурса по отбору кандидатов в космонавты состоялся 28 апреля 2017 года. В соответствии с этим приказом конкурсная комиссия по отбору кандидатов в космонавты должна была до 15 декабря 2017 года представить итоговые результаты по отбору в МВК.

Решением Госкорпорации «Роскосмос» прием документов от претендентов был продлен до 15 декабря 2017 года, а срок представления итоговых результатов по отбору кандидатов в космонавты в МВК продлен до июня 2018 года.

В ходе проведения открытого конкурса получены заявления с комплектами документов от 420 претендентов. Из них:

- претендентов-женщин – 87, претендентов-мужчин – 333;
- работающих в космической отрасли – 80, военнослужащих – 51.

Проведены 11 заседаний конкурсной комиссии по проведению отбора кандидатов в космонавты.

На очный этап отбора в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» были приглашены 103 претендента (из них 11 женщин, 92 мужчин), 317 претендентов отклонены конкурсной комиссией на этапе заочного отбора.

Из приглашенных на очный этап:

- 13 претендентов успешно завершили полный цикл отбора и получили положительное заключение ГМК. Из них 8 претендентов по решению конкурсной комиссии представлены на заседание МВК;
- 47 претендентов отклонены после тестирования на психологическую пригодность;
- 16 претендентов отклонены после тестирования на профессиональную пригодность;
- 24 претендента отклонены по медицинским показателям;
- 3 претендента отказались от дальнейшего участия в отборе.

**Претенденты,
отобранные решением Межведомственной комиссии
в кандидаты в космонавты-испытатели РФ**



Борисов Константин Сергеевич.

Родился 14.08.1984 г. в г. Смоленске.

Семейное положение: женат, детей нет.

Образование: 27.06.2005 г. окончил Российскую экономическую академию им. Плеханова с присвоением квалификации «бакалавр экономики» по направлению «Экономика». С 27.09.2006 г. по 03.12.2007 г. прошел обучение в Уорикском Университете (г. Ковентри, Великобритания). По окончании присвоена квалификация «магистр наук» по направлению «Исследование операций и системный анализ». В июне 2018 года завершил обучение в МАИ по магистерской программе «Системы жизнеобеспечения летательных аппаратов» (2016–2018 гг.) с присвоением квалификации «магистр» по направлению «Авиастроение».



Горбунов Александр Владимирович.

Родился 24.05.1990 г. в г. Железногорске Курской области.

Семейное положение: холост.

Образование: 01.03.2014 г. окончил МАИ с присвоением квалификации «инженер» по специальности «Космические летательные аппараты и разгонные блоки». С 2009 г. по 2012 г. проходил обучение на военной кафедре при МАИ по ВУС 461000 «Эксплуатация и ремонт самолетов, вертолетов и авиационных двигателей», по окончании присвоено звание «лейтенант запаса».



Гребёнкин Александр Сергеевич.

Родился 15.07.1982 г. в г. Мыски Кемеровской области.

Семейное положение: женат, воспитывает троих детей.

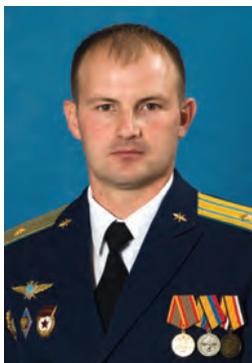
Образование: 21.06.2002 г. окончил Иркутский военный авиационный инженерный институт с присвоением квалификации «техник» по специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиоэлектронного оборудования». 15.03.2011 г. окончил Московский технический университет связи и информатики с присвоением квалификации «инженер» по специальности «Радиосвязь, радиовещание и телевидение». Военнослужащий.

**Зубрицкий Алексей Витальевич.**

Родился 22.08.1992 г. в селе Владимировское Запорожского района Запорожской области, Украина.

Семейное положение: холост.

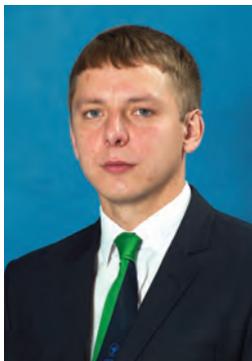
Образование: 27.09.2013 г. окончил Харьковский университет Воздушных сил имени Ивана Кожедуба (Украина) с присвоением квалификации «бакалавр» по специальности «Военное управление (Воздушные силы), Управление действиями подразделений авиации», специализация «Летная эксплуатация и боевое применение самолетов». Военнослужащий.

**Микаев Сергей Николаевич.**

Родился 15.08.1986 г. в г. Иркутске.

Семейное положение: женат, воспитывает двоих детей.

Образование: 17.10.2008 г. окончил Краснодарское ВВАУЛ с присвоением квалификации «инженер» по специальности «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения». Военнослужащий.

**Песков Кирилл Александрович.**

Родился 01.05.1990 г. в г. Кызыл Тувинской АССР.

Семейное положение: холост.

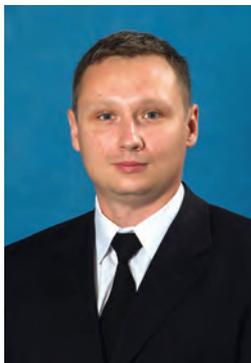
Образование: 27.06.2012 г. окончил Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации с присвоением квалификации «инженер» по специальности «Летная эксплуатация воздушных судов». Лейтенант запаса.

**Платонов Олег Владимирович.**

Родился 27.06.1986 г. в г. Челябинске.

Семейное положение: женат, воспитывает сына.

Образование: 18.10.2008 г. окончил Краснодарское ВВАУЛ с присвоением квалификации «инженер» по специальности «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения». 11.02.2016 г. окончил Дальневосточный федеральный университет с присвоением квалификации «бакалавр» по специальности «Государственное и муниципальное управление». Военнослужащий.

**Прокопьев Евгений Валерьевич.**

Родился 09.03.1986 г. в г. Свердловске (Екатеринбург).
Семейное положение: женат, воспитывает сына.
Образование: 20.06.2008 г. окончил Военно-космическую академию имени А.Ф. Можайского с присвоением квалификации «инженер» по специальности «Космические летательные аппараты и разгонные блоки». С сентября 2015 года заочно обучается в аспирантуре ПАО «РКК «Энергия имени С.П. Королёва» по направлению «Авиационная и ракетно-космическая техника».

Программа общекосмической подготовки отобранных кандидатов в космонавты началась с 1 октября 2018 года. Данная программа рассчитана на 2 года обучения. Целью общекосмической подготовки кандидатов в космонавты является приобретение знаний в областях теоретических основ космонавтики и прикладных наук, конструкции и бортовых систем базовых пилотируемых космических аппаратов, космических экспериментов, космической медицины и психологии, формирование устойчивости их организма и психики к воздействию неблагоприятных факторов космического полета, приобретение первоначальных профессиональных навыков, умений и качеств, соответствующих требованиям профессиональной деятельности космонавта.

**ПИЛОТИРУЕМЫЕ
ПОЛЕТЫ В КОСМОС**
(научный журнал)

Выпускающий редактор *Л.К. Васильева*

Редактор *С.Г. Токарева*

Технический редактор *Е.Н. Бондарева*

Корректор *Т.И. Лысенко*

Перевод *С.Б. Беляковская, С.А. Дедова*

Подписано в печать 04.12.18.

Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.

Усл. печ. л. 10,85. Тираж 120 экз. Зак. 787-18.

Отпечатано в редакционно-издательском отделе
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»