

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

С.К. Крикалёв

РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ

Б.И. Крючков –
заместитель
главного редактора,

А.В. Кальмин –
ответственный секретарь,

Ю.М. Батурин,

М.Н. Бурдаев,

Л.К. Васильева,

С.П. Власенков,

Н.В. Волкова,

О.С. Гордиенко,

П.П. Долгов,

В.М. Жуков,

С.А. Жуков,

С.В. Игнатъев,

О.В. Котов,

А.А. Курицын,

Г.Д. Орешкин,

В.И. Почуев,

В.Н. Саев,

И.Г. Сохин,

М.Л. Титова,

М.В. Тюрин,

М.М. Харламов,

В.М. Усов,

В.И. Ярополов.

СОДЕРЖАНИЕ

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС..... 5

Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-34/35 при выполнении программы космического полета. *Р.Ю. Романенко* 5

Медицинское обеспечение полета экипажа МКС-34/35 (экспресс-анализ). *В.В. Богомолов, В.И. Почуев* 15

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС 24

Экспериментальные исследования по оценке выполнения космонавтами сложной операторской деятельности после длительного космического полета на МКС в интересах осуществления полетов в дальний космос. *С.К. Крикалёв, Б.И. Крючков, М.М. Харламов, О.В. Новицкий, Е.И. Тарелкин, А.А. Курицын, П.П. Долгов, В.И. Почуев, И.Г. Сохин, Г.Д. Орешкин, В.А. Копнин, В.Н. Алексеев, В.Н. Киришинов, Н.А. Бачмановский, А.С. Кондратьев, Н.Р. Жамалетдинов, А.В. Васильев* 24

Антропоцентрический подход к процессу принятия автономных управляющих решений экипажем пилотируемого космического корабля. *А.Ю. Калери, М.В. Тюрин* 36

Результаты мониторинга с борта РС МКС катастрофических наводнений Краснодарского края. *Г.И. Падалка, С.Н. Ревин, Л.В. Десинов, С.Л. Десинов, В.А. Рудаков, В.Е. Черноглазов, М.Ю. Беляев, Д.Ю. Караваяев* 42

Система визуализации "GLView" для имитационно-тренажерных комплексов подготовки космонавтов. <i>М.В. Михайлюк, М.А. Торгаишев</i>	60
Состояние и развитие послеполетной реабилитации космонавтов (организационные и программно-методические аспекты). <i>В.И. Почуев, В.В. Богомолов, В.В. Моргун, Р.Р. Каспранский, С.Н. Савин</i>	73
Новые подходы к организации специальной летной подготовки космонавтов. <i>С.К. Крикалёв, В.И. Токарев, Б.И. Крючков, В.Г. Сорокин, М.Р. Халиков, И.Г. Сохин, С.Н. Рыжиков</i>	82
ДИСКУССИИ.....	92
Подход к построению робототехнических систем для работы в космосе. <i>Г.И. Падалка, П.П. Долгов, А.А. Алтунин</i>	92
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ	95
Возвращение с орбиты на космических кораблях «Союз» в режиме баллистического спуска. <i>Б.М. Есин</i>	95
80 лет Е.В. Хрунову	104
Три высоты Георгия Тимофеевича Берегового (К 45-летию полета)	107
80 лет Центру Келдыша.....	110
25-летие полета многоразовой космической системы «Энергия-Буран»	111
50 лет Институту медико-биологических проблем.....	115
К 40-летию со дня образования Главной оперативной группы управления полетами	117
40 лет Центру тренажеростроения и подготовки персонала.....	120
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ	122
IX Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, технике и образовании».....	122
15-я ежегодная Международная научно-практическая конференция «Роль и значение авиации и космонавтики в освоении воздушного и космического пространства в третьем тысячелетии».....	123
7-й Международный симпозиум «Экстремальная робототехника – робототехника для работы в условиях опасной окружающей среды».....	125
10-я Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»	126
Информация для авторов и читателей	128

CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS	5
Main Results of the ISS-34/35 Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. <i>R. Yu. Romanenko</i>	5
Express Analysis of Medical Support of the ISS-34/35 Crew Members. <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev</i>	15
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS	24
Experimental Assessment of Carrying out Complex Operator Activity By Cosmonauts After Long-Duration Mission Aboard the ISS in the Interests of Human Space Exploration Beyond Low-Earth Orbit. <i>S.K. Krikalev, B.I. Kryuchkov, M.M. Kharlamov, O.V. Novitsky, E.I. Tarelkin, A.A. Kuritsyn, P.P. Dolgov, V.I. Pochuev, I.G. Sokhin, G.D. Oreshkin, V.A. Kopnin, V.N. Alekseyev, V.N. Kirshanov, N.A. Bachmanovsky, A.S. Kondratyev, N.R. Zhamaletdinov, A.V. Vasilyuev</i>	24
Anthropocentric Approach to the Process of Making Autonomous Control Decisions by a Spacecraft Crew. <i>A.Yu. Kalery, M.V. Tyurin</i>	36
Results of Monitoring of Catastrophic Floods in Krasnodar Territory From the Board of the ISS RS. <i>G.I. Padalka, S.N. Revin, L.V. Desinov, S.L. Desinov, V.A. Rudakov, V.E. Chernoglazov, M.Yu. Belyayev, D.Yu. Karavayev</i>	42
“GIView” – Visualization System for Simulation Facilities to Train Cosmonauts. <i>M.V. Mikhaylyuk, M.A. Torgashev</i>	60
The State and Progress of Post-Flight Rehabilitation of Cosmonauts (Organizational and Program-Methodical Aspects). <i>V.I. Pochuev, V.V. Bogomolov, V.V. Morgun, R.R. Kaspransky, S.N. Savin</i>	73
New Approaches to Organization of Special Flying Training of Cosmonaut. <i>S.K. Krikalev, V.I. Tokarev, B.I. Kryuchkov, V.G. Sorokin, M.P. Khalikov, I.G. Sokhin, S.N. Ryzhikov</i>	82
DISCUSSIONS	92
Approach to Designing Robotic Systems to Work in Space. <i>G.I. Padalka, P.P. Dolgov, A.A. Altunin</i>	92
HISTORY. EVENTS. PEOPLE	95
The Returning of the Soyuz Spacecraft From Orbit in the Ballistic Descent Mode <i>B.M. Yesin</i>	95
E.V. Khrunov 80-Year Anniversary	104
Three Heights of Georgy Beregovoy (To the 45-Year Anniversary of Spaceflight)	107
The 80-Year Anniversary of Keldysh Research Center	110

The 25-Year Anniversary of the Flight of “Energia–Buran” Reusable Space Transportation System	111
50 Years of Institute of Biomedical Problems	115
To the 40-Year Anniversary of the Establishment of the Lead Operations Control Team	117
The 40-Year Anniversary of the Space Simulator Center	120
SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION	122
IX International Scientific and Technical Conference “Information Technologies in Science, Engineering and Education”	122
The 15 th Annual International Scientific&Practical Conference “The Role and Significance of Aviation and Astronautics to Explore Aerospace in the Third Millennium”	123
The 7 th International Workshop “Robotics For Risky Environment – Extreme Robotics”	125
10 th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Missions”	126
Information for Authors and Readers	128

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-34/35 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА Р.Ю. Романенко

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ Р.Ю. Романенко
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-34/35 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА-07М» и Международной космической станции (МКС). Дается сравнительный анализ и оценивается вклад экипажа в общую программу космических полетов на МКС. Особое внимание уделяется проведению научно-прикладных исследований и экспериментов на борту станции. Даются замечания и предложения по совершенствованию российского сегмента (РС) Международной космической станции.

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

Main Results of the ISS-34/35 Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. R. Yu. Romanenko

The paper considers results of the ISS-34/35 expedition's activity aboard the «Soyuz TMA-07M» transport spacecraft and ISS. Also, it presents the comparative analysis and estimation of the crew's contribution to the general ISS flight program. Particular attention is paid to implementation of scientific applied research and experiments aboard the station. Remarks and suggestions to improve the ISS Russian Segment are given.

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

Состав экипажа и основные результаты полета

Основной экипаж длительных экспедиций МКС-34/35 в составе (рис. 1):

Романенко Роман Юрьевич	командир ТПК «Союз ТМА-07М» бортинженер МКС-34/35 (Роскосмос, Россия)
Хадфилд Крис Остин	бортинженер ТПК «Союз ТМА-07М» бортинженер МКС-34 командир экспедиции МКС-35 (ККА, Канада)
Машбёрн Томас Хенри	бортинженер-2 ТПК «Союз ТМА-07М» бортинженер МКС-34/35 (НАСА, США)

выполнил космический полет длительностью 145 суток с 19 декабря 2012 года по 14 мая 2013 года. Позывной экипажа ТПК «Союз ТМА-07М» – «Парус».



Рис. 1. Экипаж экспедиций МКС-34/35

Опыт полетов членов экипажа

Романенко Роман Юрьевич в отряде космонавтов с 1997 года. До назначения в экипаж выполнил один космический полет длительностью 188 суток.

Хадфилд Крис Остин в отряде астронавтов ККА с 1992 года. До назначения в экипаж имел опыт двух космических полетов общей продолжительностью 20 суток.

Машбёрн Томас Хенри в отряде астронавтов НАСА с 2004 года. До назначения в экипаж имел опыт одного космического полета длительностью 16 суток.

Основные итоги полета

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-07М» был произведен 19 декабря 2012 года, $T_{\text{КП}} = 15:12:35$, $T_{\text{КО}} = 15:21:23$ декретного московского времени (ДМВ) с космодрома Байконур (Казахстан).

Параметры орбиты выведения: период $T = 88,74$ мин, наклонение $i = 51,66$ град., высота $h \times H = 199,37$ км \times 253,49 км.

В космическом полете выполнены следующие работы:

- доставка экипажа экспедиции МКС-34/35 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 21 декабря 2012 года ТПК «Союз ТМА-07М» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу (-Y) модуля МИМ1 ($T_{\text{КАСАНИЯ}} = 17:08:47$ ДМВ);
- научные исследования и эксперименты в соответствии с программой НПИ;
- техническое обслуживание бортовых систем, дооснащение, ремонтно-восстановительные работы, проведение телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок;

- расстыковка ТГК «Прогресс М-16М» от стыковочного узла СО1 произведена 9 февраля 2013 года (время расстыковки – 16:15 ДМВ);
- стыковка ТГК «Прогресс М-18М» к СО1 осуществлена 11 февраля 2013 года ($T_{\text{КАСАНИЯ}} = 23:35$ ДМВ). Сближение грузового корабля выполнялось по четырехвитковой схеме полета;
- сближение американского грузового корабля SpaceX-2 «Dragon» с МКС, зависание, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к надирному порту модуля Node2 АС МКС выполнены 3 марта 2013 года ($T_{\text{М.З.}} = 16:35$ ДМВ);
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-06М» от стыковочного узла МИМ2 осуществлена 16 марта 2013 года. Время расстыковки – 02:42:53 ДМВ, время посадки – 06:03:00 ДМВ;
- расстыковка американского грузового корабля SpaceX-2 «Dragon» от МКС произведена 26 марта 2013 года. Время физической расстыковки – 11:11 ДМВ, время отделения от манипулятора – 13:58 ДМВ. Посадка корабля осуществлена в 19:35 ДМВ в расчетной точке акватории Тихого океана;
- стыковка ТПК «Союз ТМА-08М» с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ2 выполнена 29 марта 2013 года ($T_{\text{КАСАНИЯ}} = 05:28:30$ ДМВ). Следует отметить, что сближение транспортного пилотируемого корабля впервые осуществлено с использованием четырехвитковой схемы, в результате которой продолжительность автономного полета корабля до стыковки с МКС составила около 6 ч;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-17М» от АО СМ осуществлена 15 апреля 2013 года. Время физической расстыковки – 15:02 ДМВ;
- выход в открытый космос ВКД-32 осуществлен 19 апреля 2013 года продолжительностью 6 ч 37 мин;
- стыковка ТГК «Прогресс М-19М» к АО СМ выполнена 26 апреля 2013 года ($T_{\text{М.З.}} = 15:25$ ДМВ). После выведения корабля на орбиту не раскрылась антенна 2АСФ-1-М-ВКА № 2;
- возвращение экипажа экспедиций МКС-34 и МКС-35 на Землю, расстыковка ТПК «Союз ТМА-07М» от стыковочного узла МИМ1 и спуск выполнены 14 мая 2013 года. Время расстыковки – 02:07:56 ДМВ, время посадки – 05:31:22 ДМВ.

Основные задачи подготовки экипажа к полету

Подготовка к полету экипажа МКС-34/35 в составе командира ТПК «Союз ТМА-07М» Романенко Романа Юрьевича, бортинженера Хадфилда Криса и бортинженера-2 Машбёрна Томаса проводилась с мая 2011 года. Программа подготовки была разработана с учетом задач полета, уровня подготовленности и функциональных обязанностей членов экипажа.

Основными задачами подготовки по МКС и ТПК «Союз ТМА-07М» являлись:

- подготовка, направленная на формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз ТМА-07М»;
- 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 ТПК «Союз ТМА-07М» 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;
- подготовка членов экипажа к действиям в случае срочного покидания МКС при разгерметизации и пожаре;
- 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;
- подготовка экипажа к выполнению сближения и причаливания ТПК «Прогресс-М» на стыковочные узлы РС МКС в режиме ТОРУ;
- подготовка экипажа к приему, передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-33/34 и МКС-35/36;
- подготовка экипажа к выполнению операций по консервации и расконсервации ТПК, операциям по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- подготовка членов экипажа к эксплуатации бортовых систем РС МКС (модули ФГБ, СМ, СО1, МИМ1, МИМ2);
- теоретическое ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладке снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемые корабли;
- подготовка российских членов экипажа по задачам внекорабельной деятельности в объеме типовых операций и по программе ВКД-32;
- подготовка экипажа к выполнению программы научных экспериментов на российском сегменте МКС;
- подготовка российских членов экипажа к выполнению медико-биологических исследований и экспериментов на борту МКС;
- подготовка членов экипажа в объеме их функциональных обязанностей к выполнению технического обслуживания, ремонта и дооснащения систем РС МКС;
- 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.

Полет на борту транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-07М»

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-07М» был произведен 19 декабря 2012 года с космодрома Байконур (рис. 2).

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно, $T_{КП} = 15:12:35$, $T_{КО} = 15:21:23$ ДМВ. 21 декабря 2012 года на 32–34 витках полета выполнен режим автоматического сближения и стыковки со станцией к модулю

МИМ1. Время формирования признака «Касание» – 17:08:47 ДМВ. После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля, контроль герметичности стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открытие переходных люков. Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы автономного полета ТПК «Союз ТМА-07М».

13 мая 2013 года, завершив программу полета на борту МКС, экипаж экспедиции приступил к подготовке к возвращению на Землю. Расстыковка проводилась в автоматическом режиме. Спуск выполнялся по штатной программе в автоматическом режиме. После разделения отсутствовала связь ЦУПа с экипажем и восстановилась после ввода ОСП. Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС. Внеатмосферный промах составил 2 секунды. Максимальная перегрузка – 4,8 единицы. На этапе парашютирования, после перецепки, пропала цифровая информация на пультах о состоянии систем корабля. Посадка осуществлена в 05:31:22 ДМВ в расчетной точке с координатами 47° 21' с.ш. 69° 35' в.д.



Рис. 2. Старт корабля «Союз ТМА-07М»

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-34/35 работал на борту МКС 143 суток с 21 декабря 2012 года по 14 мая 2013 года. Экипаж на российском сегменте МКС выполнил обширный объем работ по техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем МКС, программу научных исследований и экспериментов, ремонтно-восстановительные работы, провел большое число телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок.

Необходимо отметить, что в период работы экипажа на борту станции конфигурация МКС включала следующие состыкованные объекты:

- ТПК «Союз ТМА-06М»;
- ТПК «Союз ТМА-07М»;
- ТПК «Союз ТМА-08М»;
- ТГК «Прогресс М-16М»;
- ТГК «Прогресс М-17М»;
- ТГК «Прогресс М-18М»;
- SpaceX-2 «Dragon»;
- ТГК «Прогресс М-19М».

В процессе экспедиции экипажем выполнены работы по стыковке, разгрузке, укладке удаляемого оборудования и расстыковке кораблей «Союз ТМА-07М», «Прогресс М-16М», «Прогресс М-18М», SpaceX-2 «Dragon», «Союз ТМА-06М», SpaceX-2 «Dragon», «Прогресс М-17М», «Прогресс М-19М», «Союз ТМА-07М».

Совместный полет с другими экипажами МКС

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-33/34, МКС-35/36.

С 21 декабря 2012 года по 16 марта 2013 года – совместный полет с экипажем МКС-33/34 в составе:

- Новицкий Олег Викторович (бортинженер МКС-33/34, Роскосмос, Россия);
- Тарелкин Евгений Игоревич (бортинженер МКС-33/34, Роскосмос, Россия);
- Форд Кевин Энтони (бортинженер экспедиции МКС-33, командир экспедиции МКС-34, НАСА, США).

С 29 марта 2013 года по 14 мая 2013 года – совместный полет с экипажем МКС-35/36 в составе:

- Виноградов Павел Владимирович (бортинженер МКС-35, командир экспедиции МКС-36, Роскосмос, Россия);
- Мисуркин Александр Александрович (бортинженер МКС-35/36, Роскосмос, Россия);
- Кэссиди Кристофер Джон (бортинженер МКС-35/36, НАСА, США).

Внекорабельная деятельность

Во время полета экспедиции МКС-34/35 был выполнен один выход в открытый космос.

Выход в открытый космос ВКД-32 осуществлен 19 апреля 2013 года продолжительностью 6 ч 37 мин в скафандрах «Орлан-МК» (рис. 4).

Выход совершили космонавты из состава экспедиции МКС-35: П. Виноградов, Р. Романенко.

Открытие выходного люка стыковочного отсека (СО1) «Пирс» проведено 19 апреля 2013 года в 17:04 ДМВ, закрытие – в 23:41 ДМВ.

Основные задачи выхода:

- монтаж и подключение оборудования КЭ «Обстановка»;
- замена мишени видеометра (МВМ) на АО СМ;
- демонтаж контейнера № 2 «Биориск-МСН» на СО1.

Дополнительная задача (выполняется при наличии времени после проведения основных задач):

- демонтаж одной панели КЭ «Выносливость» на МИМ2.

Особенности выхода:

- основные задачи ВКД-32 выполнены полностью;
- при выполнении дополнительной задачи на МИМ2 космонавтом П. Виноградовым была утеряна панель с укладками образцов КЭ «Выносливость». Размеры панели 400×300×20 мм, вес 5,5 кг.



Рис. 4. Выход в открытый космос космонавтов П. Виноградова и Р. Романенко

Основные задачи экипажа при выполнении научной программы

В процессе полета экипажем на борту российского сегмента МКС выполнялись исследования и эксперименты на основании «Программы реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период тридцать четвертой и тридцать пятой пилотируемых экспедиций МКС-34 и МКС-35».

В ходе полета экипаж выполнил 31 (3 новых) из 38 экспериментов, проводимых в это время на МКС. Семь экспериментов выполнялись в автоматическом режиме. Структура российской научной программы МКС-34/35 представлена в таблице.

Распределение выполненных научно-прикладных исследований и экспериментов на борту МКС-34/35 по направлениям представлено на диаграмме.

Структура российской научной программы МКС-34/35

№ п/п	Направления исследований	Всего	С участием экипажа
1	Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса	1	1
2	Исследование Земли и космоса	9	5
3	Человек в космосе	5	5
4	Космическая биология и биотехнология	14	14
5	Технологии освоения космического пространства	8	5
6	Образование и популяризация космических исследований	1	1
Всего:		38	31



Диаграмма. Распределение космических экспериментов в полете по направлениям исследований

Наибольшее количество экспериментов было проведено по направлениям: «Космическая биология и биотехнология», «Исследования Земли и космоса» и «Технологии освоения космического пространства» (рис. 5, 6).

Большое внимание при выполнении полета уделялось обработке наземно-космической системы прогнозирования, снижения ущерба и ликвидации последствий природных и техногенных катастроф. В процессе полета экипаж проводил многократную детальную съемку различных характерных объектов геосферы, что позволит ученым прогнозировать аномальные природные и техногенные ситуации в других районах земной поверхности, а также на территории нашей страны. Полученные в полете фотоснимки переданы для дешифрирования и обработки на Землю.



Рис. 5. Роман Романенко в ходе выполнения эксперимента «Спрут-2»



Рис. 6. Роман Романенко в ходе выполнения эксперимента «Кулоновский кристалл»

Заключение

Подводя итоги результатов подготовки и выполнения программы полета экипажа длительной экспедиции МКС-34/35, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Уровень подготовленности экипажа МКС-34/35 по транспортному кораблю «Союз ТМА-07М» и российскому сегменту МКС позволил экипажу успешно выполнить запланированную программу космического полета.

2. Полет экипажа МКС-34/35 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами из шести человек, в числе которых 3 космонавта Роскосмоса.

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

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-34/35
(ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)**

В.В. Богомолов, В.И. Почуев

Докт. мед. наук, профессор В.В. Богомолов (ГНЦ РФ–ИМБП РАН)
Канд. мед. наук В.И. Почуев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-34/35. 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.

Express Analysis of Medical Support of the ISS-34/35 Crew Members.**V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev.**

The paper presents the results of medical maintenance of the ISS-34/35 expedition members. It also gives a brief description of operation of the system of mission medical support and maintaining the stability of human environment aboard the ISS RS. Besides, the paper sums up the results of implementation of medical recommendations, the program of medical monitoring and the use of the onboard means to prevent the alteration of cosmonauts' health status in spaceflight.

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

19 декабря 2012 года с космодрома Байконур осуществлен пуск ракеты-носителя «Союз-ФГ» с пилотируемым космическим кораблем «Союз ТМА-07М». В составе экипажа: командир корабля и бортинженер-4 экспедиций МКС-34/35 космонавт-испытатель 3-го класса Роскосмоса Роман Юрьевич Романенко; бортинженер-1 корабля, бортинженер-5 МКС-34 и командир МКС-35 астронавт ККА Крис Остин Хэдфилд; бортинженер-2 корабля, бортинженер-6 МКС-34/35 астронавт НАСА Томас Генри Маршбёрн. Позывной экипажа – «Парус».

Характеристика состояния здоровья членов экипажа

Самочувствие по ежедневным докладам экипажа на всех этапах полета оставалось хорошим.

По данным радиопереговоров и медконтроля состояние здоровья членов экипажа транспортного корабля «Союз ТМА-07М» во время выведения и орбитального полета было хорошим.

Процесс адаптации к невесомости проходил без осложнений.

Во время автономного полета при выведении перегрузки ощущались мягко. Симптомов космической болезни движения не было, отмечалась лишь одутловатость лица. Продолжительность сна во вторую ночь составила 15 часов.

На станции жалоб также не было. Самочувствие оставалось хорошим.

18.04.13 г. перед ВКД-32 БИ-4 жалоб на состояние здоровья не предъявлял. Подготовку к ВКД проводил по плану. Свою физическую форму расценивал как хорошую. После ВКД-32 жалоб на состояние здоровья не было. Самочувствие и

настроение было хорошим. От выполнения внекорабельной деятельности получил удовольствие. Подгонка скафандра была хорошей. Работать было удобно. Система охлаждения работала эффективно, использовал режимы «2» и «3». Физическое утомление после ВКД-32 было ожидаемым, однако на момент завершения «Выхода» по его ощущениям у него еще оставались функциональные резервы на несколько часов работы в скафандре. Наминов и потертостей не было. Симптомов декомпрессионных расстройств также не отмечалось.

Медицинское обеспечение (общая характеристика)

Медицинское обеспечение экипажей МКС-34/35 осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям на Международной космической станции (ISS MORD). Многосторонние медицинские комиссии и полетные врачи контролировали планирование и реализацию медицинских операций. Отмечалось хорошее взаимодействие группы медицинского обеспечения Главной оперативной группы управления (ГМО ГОГУ) с полетными врачами экипажа. Программа медицинского контроля, медицинских операций и научных медико-биологических исследований выполнена в запланированном объеме.

Уровень физической тренированности МКС-34/35 в ходе полета оценивался как достаточный для выполнения полетной программы и ВКД-32. Результаты медицинского контроля членов экипажа МКС-34/35 свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях и высоких функциональных резервах организма как в ходе полета, так на завершающем его этапе. В послеполетном периоде космонавты были дееспособны, активны при весьма умеренных послеполетных сдвигах в состоянии здоровья.

Психологический климат в экипаже и взаимодействие с наземными медицинскими службами и полетным врачом оцениваются высоко. Экипаж отличался четкостью в работе и строго следовал всем медицинским рекомендациям.

Российские системы жизнеобеспечения функционировали штатно, сохраняя в целом нормальные условия микроклимата. Сохранялось превышение уровней шума на РС МКС на 4–16 дБ. Были дефекты планирования деятельности экипажа, когда в одном месте планировалось проведение экспериментов всех членов российского экипажа.

Медицинские операции и медико-биологические эксперименты выполнены экипажем МКС-34/35 в полном объеме в соответствии с программой полета на высоком профессиональном уровне. Уровень предполетной подготовки достаточный.

Параметры микроклимата МКС

Параметры микроклимата колебались в нормальных пределах. Температура воздуха эпизодически, в некоторых местах на станции, превышала нормальные величины, и периодически отмечалось понижение относительной влажности.

Повышение температуры воздуха в основном отмечалось в периоды «солнечной» орбиты станции. Для снижения температуры воздуха в служебном модуле (СМ) система обеспечения теплового режима (СОТР) переводилась в максимальный режим работы: включались в параллельную работу контур охлаждения 1 (КОХ1) и контур охлаждения 2 (КОХ2); регулятор расхода жидкости 1 (РРЖ1) и регулятор расхода жидкости 2 (РРЖ2) перенастраивались с 14 °С на 10 °С.

Для оптимизации влажностного режима временно отключалась система кондиционирования воздуха (СКВ) в РС и перенастраивалась ССАА (Common Cabin Air Assembly) в АС.

Функционировали постоянно действующие системы российского сегмента: блок очистки от микропримесей (БМП), система регенерации воды из конденсата модифицированная (СРВ-К2М), система кондиционирования воздуха (СКВ-1/СКВ-2), система очистки атмосферы (СОА «Воздух»), средства кислородообеспечения (СКО) «Электрон-ВМ»; устройство очистки воздуха (УОВ) «Поток 150 МК» в СМ и ФГБ включались ежедневно на 6 часов.

Периодически проводились наддувы станции кислородом, азотом и воздухом из транспортного грузового корабля.

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

При ежемесячных отборах проб воздуха пробоотборником ИПД-СО в СМ монооксида углерода не определялось; при отборе проб воздуха 13.03.13 г. и 12.05.13 г. пробоотборником ИПД-ННЗ в СМ аммиака не обнаружено. Замечаний от экипажа в сеансах радиосвязи не поступало.

БИ-4 во время автономного полета спал в СА, где было очень холодно, и поэтому в первую ночь спал в спальном мешке. На станции БИ-4 разместился на РС в правой каюте. «Беруши» в первые дни на станции не использовал, шум не раздражал. По субъективным ощущениям шум на станции стал меньше по сравнению с первым полетом.

В период сна использовал индивидуальные беруши и наушники с активным шумоподавлением.

Еженедельно экипаж проводил плановую уборку станции.

Питание и водопотребление

На всем протяжении полета замечаний от экипажа не поступало. На всем протяжении полета аппетит хороший, водопотребление в норме. На борт доставлялись свежие фрукты и овощи.

БИ-4 отметил большие сдвиги в качестве и разнообразии питания по сравнению с предыдущим полетом.

Результаты акустических измерений

Исследование проводилось в модулях: СМ, МИМ1, Node2, Node3, Lab и JEM PM с использованием аппаратуры SLM.

Акустические замеры проводились по общему уровню, (L_a , дБА) и уровням звукового давления (L , дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот 63–8000 Гц в контрольных точках (КТ) вдоль продольной оси X указанных модулей и в местах сна членов экипажа.

Место сна члена экипажа МКС-34 БИ-4 – правая каюта СМ.

В период с 6 по 7 декабря 2012 года в РС (в модуле СМ в районе ПхО и ПрК и в модуле МИМ1) проводились работы по замене вентиляторов на малошумящие, что позволило снизить уровень шума.

Экипажу давались рекомендации:

1. Продолжать использовать средства индивидуальной защиты от шума в период работы, особенно в МИМ-1, а также в местах расположения шумящего оборудования и при снятых панелях.

2. На период сна в каютах необходимо закрывать двери, а также продолжать использовать средства индивидуальной защиты от шума (беруши и/или наушники с активным шумоподавлением).

Периодически проводились работы по определению индивидуальной шумовой нагрузки членов экипажа за дневной и ночной периоды времени с использованием индивидуальных акустических дозиметров (IAD, фирмы Noise Pro).

Анализ данных шумовой нагрузки на членов экипажей показал, что она превышала предельнодопустимый уровень (ПДУ) у российских космонавтов как за дневной период времени (на 10,8–12,9 дБА), так и за ночной – на 0,8–7,1 дБА. Аналогичная картина имела место и у американских астронавтов: за дневной период превышение на 11,5–16,9 дБА, а за ночной – на 5,1–8,0 дБА.

По сравнению с предыдущими исследованиями, у БИ-4 шумовая нагрузка понизилась как за дневной, так и за ночной периоды времени на 1,3 и 2,9 дБА, соответственно.

Радиационная обстановка в РС МКС

За время полета радиационная обстановка внутри станции оставалась спокойной. Накопленная поглощенная доза за полет у членов экипажа не превышала допустимых значений.

В работе использовался комплект дозиметрических датчиков в количестве 11 единиц.

Показания датчиков обрабатывались в виде среднесуточной мощности поглощенной дозы.

Все датчики находились в работоспособном состоянии. Значения измеренной мощности поглощенной дозы оставались в пределах, установленных полетными правилами.

Российские и американские бортовые средства радиационного контроля обеспечивали условия радиационного контроля на МКС.

Радиационные лимиты не превышены (Рис. 1).

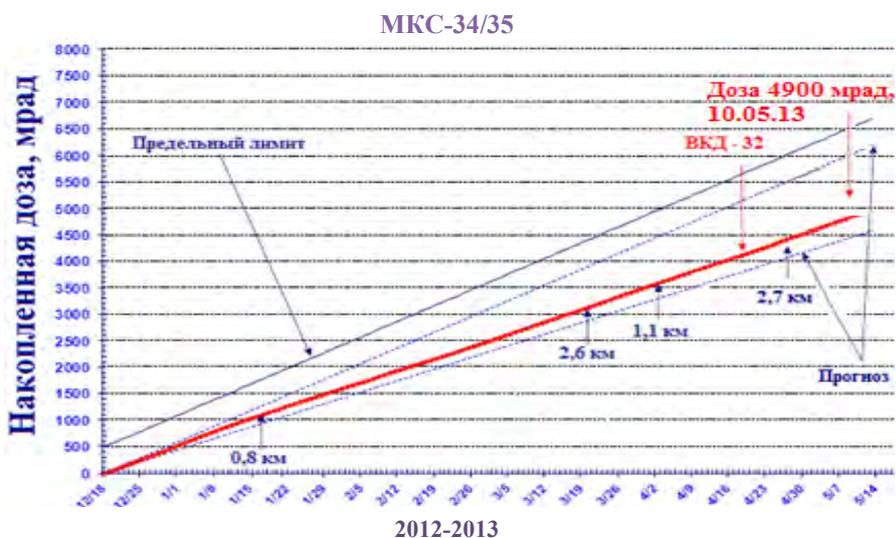


Рис. 1. Радиационные лимиты

Система профилактики

В течение всего полета БИ-4 выполнял локомоторные и резистивные тренировки в строгом соответствии с рекомендациями специалистов по физической тренировке (Рис. 2). Уровень физической тренированности оценивался на протяжении всего полета как хороший.

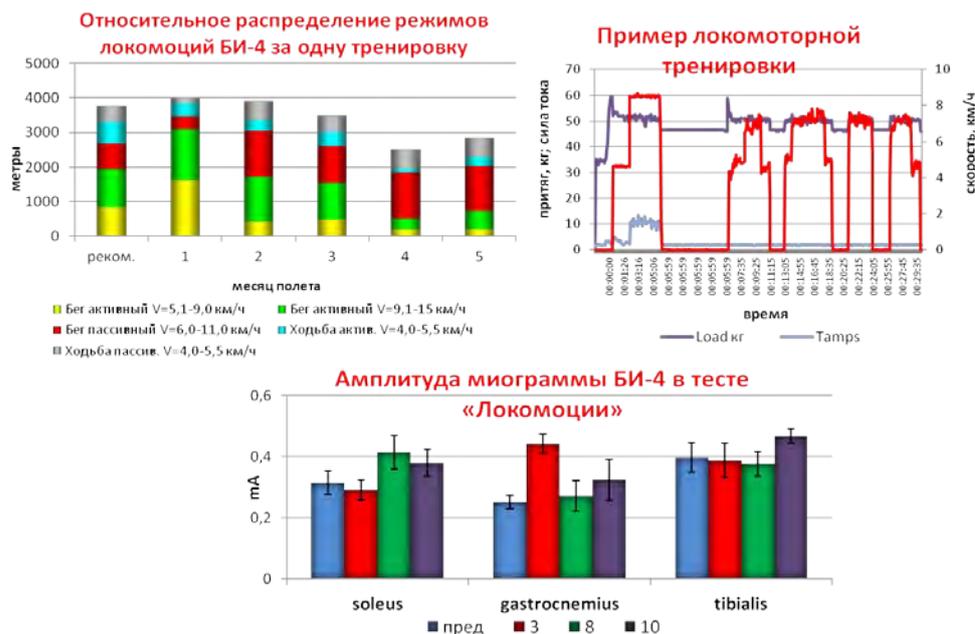
С 13 января до 25 февраля 2013 года не функционировал TVIS, локомоторные тренировки выполнялись только на Т-2. В связи с этим была скорректирована программа физических тренировок для российских членов экипажа.

БИ-4, как опытный космонавт, грамотно вел локомоторные тренировки. К концу полета усиливал долю бега в пассивном режиме, а не в активном, при этом соблюдая интервальность бега. Данные послеполетных исследований указывали на умеренные изменения мышц.

Резистивные тренировки были очень близки к рекомендованным. Послеполетные исследования показали, что изменения максимальной произвольной силы и выносливости мышц БИ-4 показывали усиление выносливости экстензора бедра, показатели которых снижались гораздо меньше в объеме, чем обычно.

На начальном этапе полета БИ-4 с 22.12.12 г. по 25.12.12 г. планировалось ознакомление с оборудованием и процедурами выполнения ФТ на бортовых тренажерах.

С 26.12.12 г. физические тренировки планировались по российской программе два раза в день общей продолжительностью 2,5 часа на TVIS и ВБ-3М/ARED с чередованием (Рис. 3).



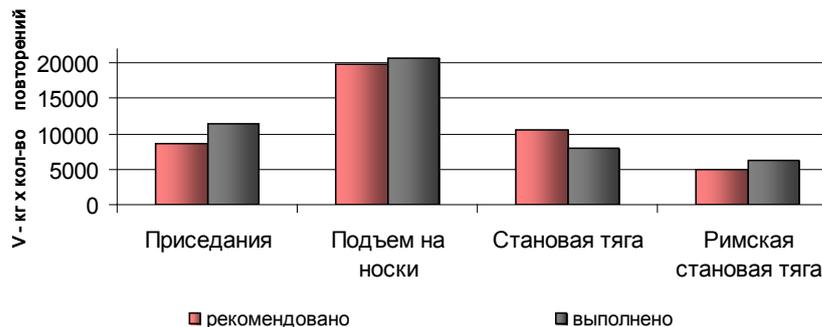


Рис. 3. Соотношение рекомендованного и выполненного объема нагрузки при занятиях на ARED в период стабилизации

С 14.01.13 г. до 24.02.13 г. в связи с неисправностью беговой дорожки TVIS тренировки планировались на доступных тренажерах (Т2/ВБ-3М/ARED/эспандеры) в соответствии с рекомендациями специалистов.

Начиная с 22.04.13 г., в соответствии с требованиями для заключительного этапа полета и рекомендациями специалистов планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке TVIS с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED и ОДНТ-тренировкой.

По ежедневным докладам экипажа физические тренировки выполнялись в полном объеме.

Профилактическое изделие «Браслет» БИ-4 одел сразу после снятия скафандра, степень затяга регулировал по субъективным ощущениям («средняя»). В первые двое суток носил постоянно, периодически распуская. Использовал до 24.12.12 г. в течение дня, на ночь снимал.

На заключительном этапе полета БИ-4 провели 4 предварительные и 2 заключительные ОДНТ-тренировки. Результаты медицинского контроля во время тренировок указывали на хорошую переносимость.

Режим труда и отдыха (РТО)

Старт экипажа МКС-34/35 состоялся 19.12.12 г. в 15:12 ДМВ на ТПК «Союз ТМА-07М» № 704А.

Первые двое суток полет проходил в автономном режиме на ТПК «Союз», космонавты занимались выполнением маневров сближения, ведением связи и подготовкой к стыковке. Продолжительность работ в эти дни у космонавтов была в пределах семи часов. На сон планировалось по 10–12,5 часов.

21.12. 12 г. в 17:18 ДМВ была осуществлена стыковка ТПК № 704А с МКС в автоматическом режиме. День стыковки ТПК с МКС для экипажа, в плане РТО, был напряженным в связи с выполнением сложной и ответственной динамической операции по стыковке и выполнением большого объема обязательных работ на станции после перехода на МКС. Общее время работы экипажа в этот день, с учетом времени работ в ТПК и на станции, составило по 10–11 часов. Период бодрствования – 17 часов.

После перехода на станцию функции БИ-4 в составе совместного экипажа МКС были возложены на Р. Романенко, БИ-5 – на астронавта CSA К. Хэдфилда и БИ-6 – на астронавта НАСА Т. Машбёрна.

В первый день пребывания на станции после стыковки всем космонавтам был проведен инструктаж по безопасности. Кроме того, БИ-4 занимался разгрузкой срочных грузов, доставленных на ТПК № 704А, сушкой скафандров, а БИ-5 и БИ-6 вместе с КЭ занимались приемом-передачей дел на МКС. После завершения работ на станции всем космонавтам было предоставлено время для отдыха (сна) с 01:00 до 10:00 GMT продолжительностью 9 часов. В последующие дни прибывший экипаж работал в режиме, принятом для МКС: сон с 21:30 до 06:00 GMT.

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» космонавтам, прибывшим на станцию, с 24.12.12 г. стали ежедневно планировать время по одному часу на адаптацию и ознакомление со станцией за счет сокращения рабочей зоны.

В последующие дни пребывания на станции БИ-4 активно включился в процесс выполнения программы полета.

Элементы бытовой зоны (при работе на станции) планировались в принятые для МКС временные интервалы достаточной продолжительности. В первые дни БИ-4 планировалось время для ознакомления с оборудованием для физических упражнений. Начиная с 26.12.12 г. БИ-4 полностью приступил к физическим тренировкам.

В последующий период БИ-4 совместно с другими российскими космонавтами, в основном, занимался разгрузкой ТПК № 418, укладкой удаляемого оборудования в ТПК № 417, ремонтно-восстановительными работами тренажера TVIS, выполнением научных экспериментов, приемом-передачей смены и другими работами.

Рабочая нагрузка у БИ-4 планировалась неравномерно по неделям. В отдельные недели она была снижена и составляла в среднем за неделю 6 часов 08 минут. В другие же недели она планировалась в пределах нормативных величин – 6,5 часов. Помимо плановых работ БИ-4 выполнял практически ежедневно работы по программе Task List (эксперименты «Экон», «Ураган»). Выполнение дополнительных работ по Task List к существенным переработкам не приводило в силу небольших временных затрат на их выполнение.

В течение 16-й и 17-й недель полета БИ-4 вместе с БИ-1 (П. Виноградов) занимались подготовкой к предстоящей операции «Выход» – ВКД-32. В этот период рабочая нагрузка у космонавтов в отдельные дни увеличивалась до семи часов, что было связано с выполнением довольно емких и ответственных операций при подготовке и проверке скафандров к ВКД. К существенным переработкам это не приводило.

19.04.13 г. после завершения подготовительных работ БИ-4 и БИ-1 выполнили ВКД-32. Этот день в плане РТО был очень напряженным. Общее время работы у космонавтов составило по 15 часов 10 минут, период бодрствования был увеличен до 19,5 часов.

Общее время пребывания космонавтов в открытом космосе составило 6 ч 38 мин. Программа работ выполнена полностью. По причине утомления в самом конце ВКД снятая панель эксперимента «Выносливость» была утеряна. Космонавты работали спокойно и уверенно. На предложения сделать паузу для отдыха относились без энтузиазма, понимая объем предстоящих работ. По окончании работ на агрегатном отсеке скафандры были протерты полотенцами. Повторной обработки не потребовалось.

Во время выполнения работ в открытом космосе самочувствие обоих членов экипажа оставалось хорошим, жалоб не предъявляли. Явлений теплового диском-

форта не возникало. По мере выполнения ВКД космонавтам выдавались рекомендации по регулированию величины теплосъема.

Амплитудно-частотные характеристики ЭКГ у обоих членов экипажа находились в пределах нормы. После окончания ВКД самочувствие обоих космонавтов было хорошее, жалоб не предъявляли. Отмечали общую усталость и усталость мышц рук, адекватную продолжительной работе.

На завершающей неделе полета БИ-4 выполнял основную задачу – подготовка и укладка возвращаемого оборудования в ТПК № 704А. Кроме того, БИ-4 выполнил заключительный цикл ОДНТ-тренировок.

12.05.12 г., после завершения передачи дел, БИ-4 и БИ-1 был подписан акт о передаче смены по РС и проведена церемония передачи командования. Функции КЭ МКС были возложены на космонавта Павла Виноградова.

После завершения укладки грузов БИ-4, БИ-5 и БИ-6 перешли в ТПК для проведения подготовительных работ к расстыковке.

Расстыковка ТПК № 704А проведена в 02:08 ДМВ, посадка СА осуществлена 14.05.13 г. в 05:31 ДМВ в заданном районе.

Выполнение программы медико-биологических экспериментов

В период полета экипажа МКС-34/35 программа научных медико-биологических экспериментов включала в себя 7 полетных и 12 пред- и послеполетных экспериментов (Рис. 4).



Спрут 2



Электронный нос



Биориск



Матрешка

Эксперимент «Плазма»
контейнер «Рекомб»

Полиген



Рис. 4. Медико-биологические эксперименты в период МКС-34/35

Заключение

Медицинское обеспечение здоровья экипажей МКС-34/35 осуществлялось в соответствии с требованиями ISS MORD, SSP 50260.

Состояние здоровья членов экипажа в ходе полета оценивается как «хорошее» и «соответствующее длительности полета».

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

Медицинские операции и медико-биологические эксперименты выполнены экипажем в полном объеме в соответствии с программой полета на высоком профессиональном уровне. Уровень предполетной подготовки – адекватный задачам полета.

Возвращаемые срочные медико-биологические грузы доставлены в хорошем состоянии.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

NODE 2 – модуль станции

TVIS – американская беговая дорожка (тредмил виброизолирующая система)

АСУ – ассенизационно-санитарное устройство

ВБ-3М – велоэргометр бортовой

ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера

ОДНТ – отрицательное давление на нижнюю часть тела

СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности

СОГС – средства обеспечения газовой среды

СТР – система теплорегуляции

ФГБ – функциональный грузовой блок

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.786.001.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОСМОНАВТАМИ СЛОЖНОЙ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА МКС В ИНТЕРЕСАХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПОЛЕТОВ В ДАЛЬНИЙ КОСМОС

С.К. Крикалёв, Б.И. Крючков, М.М. Харламов, О.В. Новицкий,
Е.И. Тарелкин, А.А. Курицын, П.П. Долгов, В.И. Почуев, И.Г. Сохин,
Г.Д. Орешкин, В.А. Копнин, В.Н. Алексеев, В.Н. Киршанов,
Н.А. Бачмановский, А.С. Кондратьев, Н.Р. Жамалетдинов, А.В. Васильев

Герой Советского Союза, Герой Российской Федерации, летчик-космонавт СССР, канд. психологических наук С.К. Крикалёв; докт. техн. наук Б.И. Крючков; М.М. Харламов; О.В. Новицкий; Е.И. Тарелкин; докт. техн. наук, доцент А.А. Курицын; канд. техн. наук, старший научный сотрудник П.П. Долгов; канд. мед. наук, старший научный сотрудник В.И. Почуев; канд. техн. наук, доцент Г.Д. Орешкин; канд. техн. наук, доцент И.Г. Сохин; В.А. Копнин; канд. мед. наук В.Н. Алексеев; В.Н. Киршанов; Н.А. Бачмановский; А.С. Кондратьев; Н.Р. Жамалетдинов; канд. пед. наук А.В. Васильев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье оцениваются результаты экспериментальных исследований, проведенных впервые в истории пилотируемой космонавтики, с участием российских членов экипажа Международной космической станции непосредственно после завершения ими длительного космического полета. Данные исследования были проведены в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос. В качестве испытуемых участвовал экипаж МКС-33/34 (О.В. Новицкий, Е.И. Тарелкин).

Ключевые слова: дальний космос, Международная космическая станция, экспериментальные исследования, операторская деятельность, ручное управление космическим аппаратом, моделирование внекорабельной деятельности.

Experimental Assessment of Carrying out Complex Operator Activity By Cosmonauts After Long-Duration Mission Aboard the ISS in the Interests of Human Space Exploration Beyond Low-Earth Orbit. S.K. Krikalev, B.I. Kryuchkov, M.M. Kharlamov, O.V. Novitsky, E.I. Tarelkin, A.A. Kuritsyn, P.P. Dolgov, V.I. Pochuev, I.G. Sokhin, G.D. Oreshkin, V.A. Kopnin, V.N. Alekseyev, V.N. Kirshanov, N.A. Bachmanovsky, A.S. Kondratyev, N.R. Zhamaletdinov, A.V. Vasilyev

The paper evaluates the results of experimental studies which have been carried out for the first time in the history of manned spaceflight with the participation of the Russian crew members immediately upon completion the long-duration mission aboard the ISS. Those studies have been undertaken to enable human space exploration beyond low-

Earth orbit. As the subjects were the Russian members of the ISS-33/34 expeditions O.V. Novitsky and E.I. Tarelkin.

Keywords: deep space, International Space Station, experimental study, operator activity, manned control, simulation of extravehicular activity.

Введение

При выполнении полетов в дальний космос экипажи межпланетных комплексов будут подвергаться влиянию множества неблагоприятных факторов [1–2].

Из этого множества целесообразно выделить шесть основных групп [3], которые оказывают существенное влияние на работоспособность космонавтов и качество выполнения ими сложной операторской деятельности [4–5] и отличаются от факторов, воздействующих на космонавтов при длительных полетах на околоземных орбитах:

- общие условия экспедиции (продолжительность, автономность и др.);
- факторы замкнутой среды обитания;
- психофизиологические факторы;
- физические факторы межпланетного пространства;
- динамические факторы межпланетного пространства;
- условия пребывания на планете.

Осуществление полетов к планетам и телам Солнечной системы требуют комплексного решения ряда задач в части деятельности космонавтов:

- взаимодействия человека и техники;
- работоспособности в условиях экстремального действия факторов космического полета;
- подготовки экипажей для полетов в дальний космос;
- влияния человеческого фактора (возможность принятия ошибочных решений);
- работоспособности космонавтов и качества выполнения ими сложной операторской деятельности.

До настоящего времени исследования по возможности выполнения ключевых операторских функций после длительного пребывания человека в космосе не проводились.

Для решения данной задачи на базе Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина были проведены экспериментальные исследования.

Цель экспериментальных исследований заключается в оценке возможности выполнения космонавтами сложной операторской деятельности непосредственно после выполнения длительных космических полетов в условиях пониженной весаемости и перегрузок, а также получение экспериментальных данных о качестве выполнения данных операций в интересах создания научно-технических и методических заделов по обоснованию рекомендаций выполнения сложной операторской деятельности космонавтами при полетах в дальний космос.

Одними из видов операторской деятельности, характерными для данных условий, являются управление динамическими режимами космических объектов и деятельность космонавтов на поверхности планет. К ним относятся:

- ручной управляемый спуск (РУС) на поверхность планеты;
- внекорабельная деятельность (ВКД);
- работа со сложными техническими системами на поверхности планеты.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Оценка возможности и качества выполнения космонавтом ручного управления космическим аппаратом на этапе спуска на планету с моделированием перегрузок.

2. Оценка возможности и качества выполнения космонавтом операций передвижения и отдельных типовых операций ВКД на поверхности планеты в скафандре, ориентированном в вертикальном положении в системе обезвешивания.

Предварительная отработка экспериментальных исследований на тренажерах ТС-18 и «Выход-2» выполнялась с участием космонавтов РФ Сергея Ревина и Алексея Овчинина.

Порядок и особенности проведения экспериментальных исследований

Все эксперименты проводились в период послеполетных мероприятий (ППМ) экипажа МКС-33/34 (О.В. Новицкий, Е.И. Тарелкин).

На рис. 1 представлена модель экспериментальных исследований.

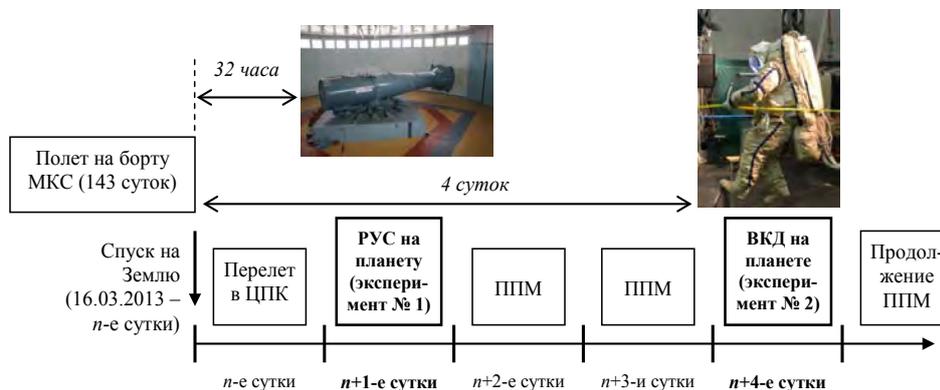


Рис. 1. Модель экспериментальных исследований с участием экипажа МКС-33/34

Эксперимент № 1 (ручное управление космическим аппаратом при спуске на планету) выполнялся на первый день после посадки экипажа путем моделирования этапа спуска на тренажере ТС-18 (ЦФ-18).

Эксперимент № 2 (моделирование внекорабельной деятельности на планете – передвижения космонавта и выполнение отдельных операций на поверхности планеты) выполнялся на четвертый день после посадки экипажа на тренажере «Выход-2» путем имитации пониженной весомости в условиях обезвешивания тренажера.

При проведении экспериментальных исследований моделировались условия, приближенные (по возможности) к марсианским:

1. На ТС-18 (ЦФ-18):

а) эксперимент проводился через 32–34 часа после приземления (это время можно сопоставить со временем нахождения марсианского корабля на орбите планеты до спуска на Марс);

б) по выбору операций по ручному спуску. Их структура и содержание могут быть близки к операциям по управлению посадочным марсианским модулем

(работа ручками управления, контроль прохождения команд, прогнозирование траектории спуска, автономная оценка своих действий);

в) достигаемые максимальные перегрузки не превышали 3 ед.

2. На тренажере «Выход-2»:

а) космонавт в скафандре типа «Орлан» «обезвешивался» до 0,38 g, что соответствовало гравитации на Марсе (данный тренажер позволяет «обезвешивать» космонавта в скафандре до лунной гравитации);

б) обеспечивалась необходимая подвижность в скафандре, что позволило приблизить условия пребывания в нем космонавта к условиям работы на Марсе;

в) выбирались типовые операции для космонавта, работающего на планете (шлюзование, перемещение по ровной и неровной поверхности, перенос груза, извлечение инструмента из контейнера, простые операции с инструментом, подъем по трапу и спуск с него, фиксация с помощью лееров и карабинов);

г) эксперимент проводился на четвертые сутки после приземления, что можно сопоставить со временем выхода космонавта на поверхность планеты после посадки на Марс и его адаптации к гравитации 0,38 g.

Необходимо также отметить психофизиологическую составляющую представленной модели, которая заключается в достаточно высокой адекватности реальному полету экипажа марсианской экспедиции. На участке полета «Земля–Марс» экипаж в рамках тех же временных ограничений реализует программу, близкую к программе длительного полета на МКС. Характерными ее элементами являются: длительная изоляция, режим труда и отдыха, штатная техническая эксплуатация комплекса, научная программа, медицинские операции, обеспечение необходимых условий жизнедеятельности, связь с Землей, динамические операции, ВКД, взаимодействие с международными партнерами в интегрированном экипаже, профилактика неблагоприятного влияния невесомости, множество информативных задач и т.д.

Предварительно перед выполнением исследований экипаж МКС-33/34 был ознакомлен с предстоящими задачами, осваивал их в процессе полета, что позволило в значительной мере приблизить его психофизиологическое состояние к состоянию экипажа марсианской экспедиции.

Особенности технических средств для проведения экспериментальных исследований

1. Тренажер управляемого спуска ТС-18

Моделирование этапа спуска на планету проведено с использованием тренажера спуска ТС-18, что позволяет в полной мере имитировать воздействие на космонавта перегрузок на этапе управляемого спуска.

Тренажер ТС-18 предназначен для выработки и поддержания профессиональных навыков космонавтов по управлению транспортным пилотируемым кораблем «Союз» в режимах выведения, орбитального полета, спуска при воздействии перегрузки на атмосферном участке с возможностью оценки операторской деятельности. Тренажер эксплуатируется в статическом и динамическом режимах. Рабочее место оператора расположено в кабине ЦФ-18. Сигналы от органов управления, установленных в кабине, обрабатываются вычислительным комплексом тренажера и поступают в систему управления центрифугой в виде параметров перегрузки, угловых скоростей и ускорений. Это позволяет космонавту, находящемуся в кабине центрифуги, выполнять «полет» на тренажере и испытывать воздействие факторов, адекватных реальным условиям спуска.

Центрифуга ЦФ-18 (рис. 2) с радиусом вращения 18 м предназначена для физиологических исследований и тренировок человека по переносимости различного рода перегрузок при регулируемых по величине и направлению суммарных векторах перегрузки в условиях изменяемого микроклимата (давлений, температур, влажности и газового состава) в кабинах.

Радиус вращения центрифуги выбран из условий исключения при экспериментах влияния кориолисова ускорения на вестибулярный аппарат человека (при радиусе вращения 16 м и более это ускорение практически не оказывает заметного воздействия на организм человека).

Система управления позволяет ориентировать кабину с человеком по любому заданному направлению суммарного вектора перегрузки, а также обеспечивает отдельные и совместные вращения и/или колебания кабины.

Центрифуга снабжена комплектом контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры, обеспечивающим измерение и регистрацию технических и физиологических параметров.



Рис. 2. Центрифуга ЦФ-18

2. Тренажер «Выход-2»

Задача передвижения космонавта и выполнения отдельных операций на поверхности планеты решалась в имитируемых условиях пониженной весомости. Тренажер «Выход-2» с активной силокомпенсирующей системой обезвешивания предназначен для отработки космонавтами процессов шлюзования в штатных скафандрах типа «Орлан» [6]. Реализуемые в нем с помощью электропривода активные силовые воздействия, направленные на компенсацию статических и динамических составляющих сил сопротивления движения при горизонтальных и вертикальных перемещениях объекта обезвешивания, позволяют обеспечить высокое качество моделирования. Тренажер обеспечивает силу трогания 25–50 Н и ошибку воспроизведения ускорения 5–10 %. Общий вид тренажера «Выход-2» показан на рис. 3.

Для проведения экспериментальных исследований данный тренажер был модернизирован для отработки внекорабельной деятельности в скафандрах в условиях моделируемой силы тяжести на поверхности Марса – 0,38 от силы тяжести на поверхности Земли.



Рис. 3. Общий вид тренажера «Выход-2»

Модельные эксперименты

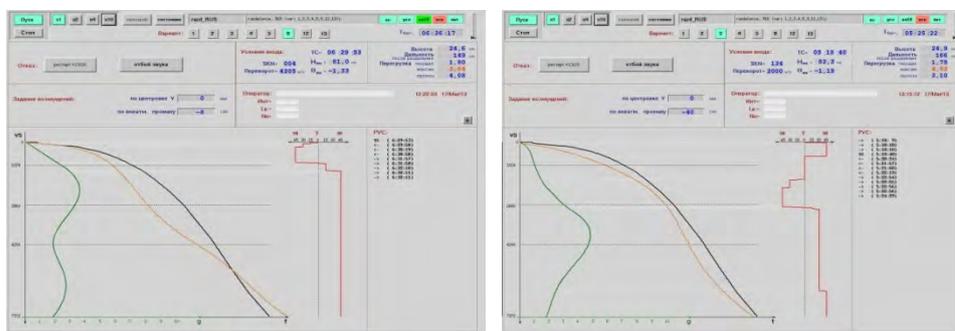
1. Эксперимент на ЦФ-18 (ТС-18)

Целью эксперимента являлась оценка возможности выполнения оператором спуска на поверхность планеты в ручном режиме после выполнения длительного космического полета, и получение экспериментальных данных для дальнейшего использования.

Отрабатываемые режимы:

- режим 1 – выполнение РУС в статике (без вращения);
- режим 2 – выполнение РУС в динамике (с вращением);
- режим 3 – выполнение РУС в статике (без вращения).

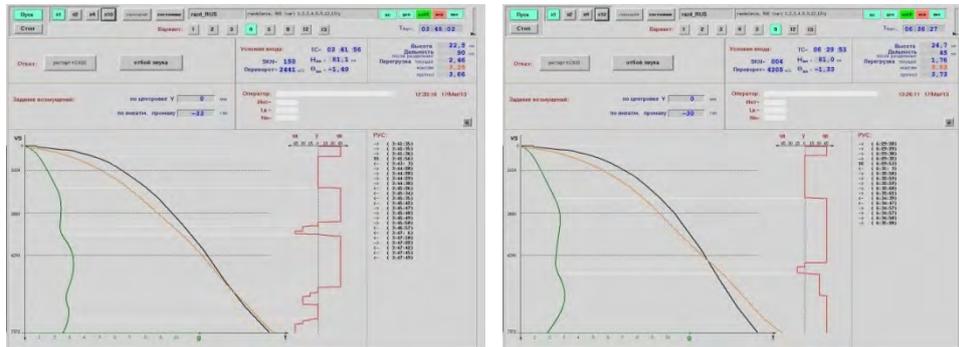
На рис. 4–6 представлены данные выполнения космонавтами режимов РУС при проведении экспериментальных исследований на тренажере ТС-18 (ЦФ-18).



Оператор 1

Оператор 2

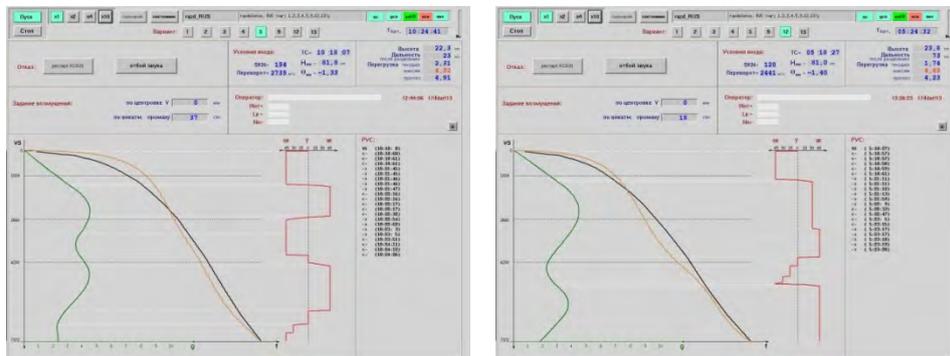
Рис. 4. Изменение параметров выполнения космонавтами режима 1 (статика)



Оператор 1

Оператор 2

Рис. 5. Изменение параметров выполнения космонавтами режима 2 (динамика)



Оператор 1

Оператор 2

Рис. 6. Изменение параметров выполнения космонавтами режима 3 (статика)

При проведении режима РУС оценивались следующие параметры: значение перегрузки n_x , создаваемое космонавтом на спуске, и дальность от запланированного места посадки («промах») L_k . Для каждого режима параметры n_x и L_k изменяются в зависимости от начальных условий вхождения в атмосферу. Для операторов вводились различные режимы РУС.

Результаты выполнения режимов РУС космонавтами до и после выполнения полета представлены на диаграммах 1 и 2. Их анализ показывает, что операторами не утрачены навыки выполнения режимов РУС, однако, по сравнению с дополнительными данными, отмечаются отличия по дальности посадки L_k для первых выполняемых режимов. Параметр максимальной перегрузки n_x космонавты выдерживали в норме в соответствии с методикой выполнения РУС.

Медицинские аспекты эксперимента

До вращения, во время вращения на центрифуге и после его окончания осуществлялся постоянный врачебный контроль, мониторинг и регистрация следующих физиологических параметров:

- данные электрокардиограммы по Нэбу (ЭКГ);
- частота пульса по ЭКГ (ЧСС);

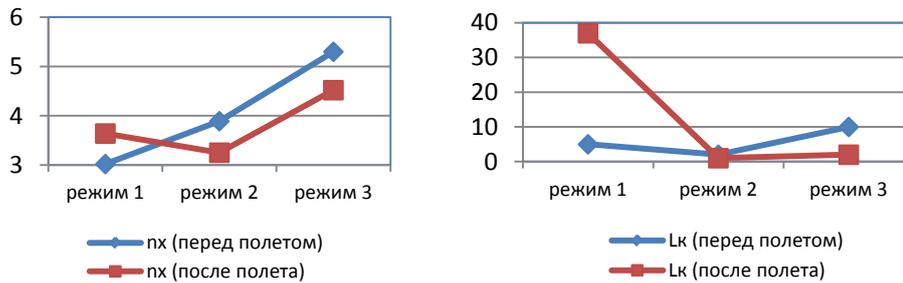


Диаграмма 1. Сравнение параметров n_x и L_k , полученных до и после полета для первого оператора

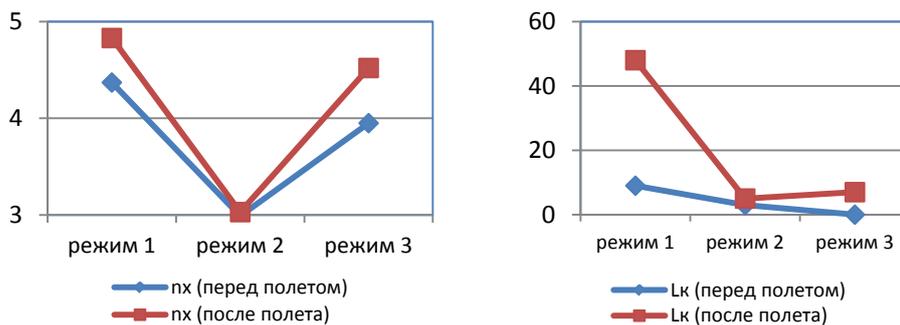


Диаграмма 2. Сравнение параметров n_x и L_k , полученные до и после полета для второго оператора

- данные тахоосциллограммы с плечевой артерии;
- частота дыхания (ЧД);
- данные электромиограммы с мышц грудной клетки, брюшной стенки и бедра.

Кроме перечисленных параметров, контроль за состоянием операторов выполнялся посредством видеонаблюдения.

Во время проведенного медицинского осмотра, до и во время воздействия перегрузки показатели частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления и температуры тела космонавтов находились в пределах физиологической нормы. Средние и максимальные значения ЧСС и ЧД не превышали показателей, которые отмечались в предполетных тренировках по графикам ручного управления спуском.

По медицинским показателям выполнение эксперимента трудностей не вызвало.

Циклограмма эксперимента выполнена полностью.

Основные результаты экспериментальных исследований на тренажере ТС-18:

- подтверждена эффективность подготовки космонавтов к выполнению режима РУС;
- получены данные по работоспособности космонавтов при выполнении РУС;

- разработаны некоторые эргономические рекомендации по приборному обеспечению РУС;
- сформулированы предложения по обеспечению физической работоспособности космонавтов после длительного перелета на участке полета «Земля–Марс» и бортовым тренировкам по режиму РУС.

2. Эксперимент на тренажере «Выход-2»

Целью экспериментальных исследований являлась оценка возможности выполнения космонавтом операций по управлению системами скафандра и другим оборудованием в процессе шлюзования и ВКД, а также отдельных типовых операций ВКД и получение экспериментальных данных о качестве работ.

При выполнении эксперимента получены экспериментальные данные о возможности, качестве и временных параметрах выполнения следующих операций:

- управление системами шлюзования;
 - открытие, закрытие выходного люка;
 - перемещение космонавта по типовым трассам перехода (с контейнером и без него);
 - подъем и спуск по трапу;
 - работа с инструментом;
 - фиксация с помощью лееров и карабинов;
 - выполнение стыковки электроразъемов, установка и снятие антенн.
- Выполнение основных операций представлено на рис. 7–12.



Рис. 7. Открытие выходного люка



Рис. 8. Перемещение с контейнером



Рис. 9. Извлечение антенны из контейнера



Рис. 10. Спуск с площадки



Рис. 11. Стыковка электроразъемов



Рис. 12. Закрытие выходного люка

Данные по длительности выполнения отдельных операций показаны в таблице.

Таблица

Данные по действиям операторов при выполнении экспериментальных исследований

№ п/п	Название операции	Длительность выполнения операции, ч:мин:с	
		Оператор 1	Оператор 2
1	Наддув скафандра, переход на автономное питание, открытие выходного люка	0:03:03	0:02:10
2	Перемещение с мягким фалом к площадке, подъем по ступеням на площадку, спуск с площадки. Перемещение к лестнице, фиксация мягкого фала к лестнице	0:06:02	0:05:16
3	Перемещение к контейнеру (подъем на площадку, спуск по ступеням, перемещение за контейнером). Перемещение с контейнером на площадку, спуск с площадки, размещение контейнера на площадке	0:01:23	0:01:54
4	Открытие контейнера, извлечение антенны, и разъемов. Перемещение с антенной к трапу, подъем по трапу, фиксация антенны на поручне. Спуск по трапу	0:05:21	0:02:26
5	Подстыковка электроразъемов, укладка их в фиксаторы	0:01:12	0:01:17
6	Перемещение и закрытие выходного люка	0:00:18	0:03:04
7	Технологические операции (вход в скафандр, подгонка скафандра и обезвешивание, выход из скафандра и др.)	0:20:30	0:22:04
Общее время на проведение эксперимента		0:37:49	0:38:11

Медицинские аспекты эксперимента:

При нахождении операторов в скафандрах типа «Орлан» осуществлялся постоянный врачебный контроль, мониторинг и регистрация следующих физиологических показателей:

- данные электрокардиограммы в отведении D-S;
- данные пневмограммы;
- температура тела заушная.

При проведении работ происходило постоянное взаимодействие космонавта с инструктором экипажа с выдачей ему рекомендаций по режиму двигательной активности и циклограмме деятельности.

Все перемещения по площадке оценивались как близкие к трудоемким операциям. Максимальные значения ЧСС и ЧД наблюдались при ходьбе по ступеням, а также при подъеме по трапу. В процессе проведения эксперимента отмечалась тенденция к нарастанию ЧСС и ЧД с увеличением длительности нахождения оператора в скафандре, а также увеличение времени восстановления физиологических параметров. Температура тела во время эксперимента оставалась в пределах нормы, однако наблюдалась тенденция к ее небольшому повышению к концу циклограммы.

Циклограмма эксперимента выполнена полностью.

Основные результаты экспериментальных исследований на тренажере «Выход-2»:

- показана возможность выполнения космонавтами отдельных ключевых операций ВКД на планете, операций по управлению системами скафандра и другим оборудованием в процессе шлюзования и ВКД, получены экспериментальные данные времени их выполнения;
- получены экспериментальные данные о работоспособности космонавтов в скафандрах в условиях, приближенных к напланетной деятельности;
- сформулированы некоторые эргономические рекомендации по конструкции скафандров для проведения ВКД на поверхности планеты;
- для повышения адекватности моделирования условий деятельности космонавтов на поверхности Марса и Луны предложены мероприятия по доработке моделирующего комплекса.

Заключение

До настоящего времени экспериментальные исследования с участием космонавтов по оценке возможности выполнения сложной операторской деятельности (ключевых полетных операций) непосредственно после выполнения длительных космических полетов не проводились ни в интересах МКС, ни в интересах перспективных полетов (полугодовой полет сопоставим с длительностью полета к Марсу).

Практика выполнения пилотируемых космических полетов показывает, что необходимо исследовать не только технические аспекты их осуществления, но и учитывать возможности человека, его способности к сложной операторской деятельности в соответствующих условиях на конкретной технике, именно этому направлению и посвящены проведенные экспериментальные исследования.

В интересах МКС впервые получено предварительное экспериментальное подтверждение тому, что после длительного полета в условиях, близких к штатным, космонавты способны выполнить режим РУС на корабле «Союз», при этом в целом подтверждается правильность методических подходов в организации подготовки космонавтов по данному разделу работ.

В интересах будущих полетов человека в космос проведена экспериментальная отработка с участием экипажа МКС-33/34 некоторых ключевых операций (ручной управляемый спуск и работа в скафандре на поверхности Марса).

Проведенные эксперименты показали возможность выполнения операторской деятельности космонавтами на поверхности планеты после осуществления длительного полета.

Существующие технические средства подготовки космонавтов уже сейчас позволяют моделировать некоторые условия деятельности экипажа при полетах к Луне и Марсу. В целом необходима дальнейшая проработка вопросов о создании и модернизации ТСПК, необходимых для подготовки космонавтов к выполнению межпланетных полетов.

По результатам проведенных исследований уточнены программы и методики исследований с последующими экипажами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Человек в космическом полете. Серия: Космическая биология и медицина. – Т. 3, кн. 1 / Под ред. О.А. Газенко, А.И. Григорьева, А.Е. Никогосяна, С.Р. Молера. – Изд-во «Наука», 1997. – 490 с.
- [2] Человек в космическом полете. Серия: Космическая биология и медицина. – Т. 3, кн. 2 / Под ред. О.А. Газенко, А.И. Григорьева, А.Е. Никогосяна, С.Р. Молера. – Изд-во «Наука», 1997. – 550 с.
- [3] А.И. Григорьев, И.Б. Ушаков, Б.В. Моруков. К первым итогам международного эксперимента «Марс-500» // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – № 1(3). – С. 5–14.
- [4] Пилотируемая экспедиция на Марс / Под ред. А.С. Коротева. – М.: Рос. акад. косм. им. К.Э. Циолковского, 2006.
- [5] В.И. Ярополов. Анализ особенностей лунной экспедиции и разработка предложений по обеспечению безопасности экипажа при выполнении миссии к Луне // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 1(6). – С. 44–63.
- [6] Д.В. Барыльник, Г.Я. Пятибратов, О.А. Кравченко. Силокомпенсирующие системы с электроприводами переменного тока тренажерных комплексов подготовки космонавтов / Юж.-Рос. гос. тех. ун-т. – Новочеркасск: Ред. журн. «Изв. вузов. Электромеханика», «Лик», 2012. – 176 с.

УДК 629.78

АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ ПРИНЯТИЯ АВТОНОМНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ ЭКИПАЖЕМ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ

А.Ю. Калери, М.В. Тюрин

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ А.Ю. Калери
(РКК «Энергия»)

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ М.В. Тюрин
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье исследуются операции на борту пилотируемого космического корабля на основе системного подхода к процессу принятия решений и предлагаются методы оптимизации процесса принятия решений. В статье очерчены подходы, принципы и идеология построения системы поддержки деятельности экипажа (СПДЭ) с перспективой увеличения автономности, гибкости, живучести и, следовательно, эффективности осуществления будущих космических программ.

Ключевые слова: система поддержки деятельности экипажа, комплекс управления, нестандартные ситуации, пилотируемые полеты.

Anthropocentric Approach to the Process of Making Autonomous Control Decisions by a Spacecraft Crew. A.Yu. Kalery, M.V. Tyurin

The paper investigates operations performed aboard manned spacecraft on the basis of the systemic approach to the decision-making process and suggests methods of the process optimization. Additionally, it outlines approaches, principles, and ideology of the structure of Crew Activity Support System (CASS) taking into account the prospective augmentation of autonomy, flexibility, survivability and therefore the effective implementation of future space programs

Keywords: crew activity support system, control complex, off-nominal situations, manned spaceflight.

Введение

Пилотируемые полеты к Луне, Марсу, астероидам, а также полеты повышенной технической сложности на околоземной орбите связаны с высокой степенью автономности работы экипажа. В связи с этим необходима его более глубокая и многопрофильная (на уровне навыков) подготовка к выполнению поставленной задачи.

С увеличением сложности решаемых в космосе задач участие человека в этом процессе становится все более значимым. Если действия по управлению кораблем могут быть формализованы, то они должны быть отданы для исполнения «машине». Но за человеком-оператором должно неизменно оставаться право определять, когда довериться «машине», а когда брать контроль над выполнением ответственных операций на себя.

Тенденция к усилению детерминизма при выполнении полетных операций снижает как эффективность управления, так и эффективность целевого использования космического аппарата, фактически затрудняя пилотируемой космонавтике дорогу от Земли к Луне, Марсу и далее. Одним из основных векторов ее развития должно стать движение от парадигмы «человек в космосе – компонента машины под контролем Земли» к парадигме «человек в космосе, принимающий автономные решения с помощью управляемой им машины и рекомендаций наземных служб»[2]. Если человечество действительно намерено осваивать Солнечную систему, то переход от первой парадигмы ко второй необходим.

Экипаж на борту космического корабля и процесс принятия управленческих решений

На протяжении многих лет, теперь уже десятилетий, продолжаются дискуссии о преимуществах и недостатках пилотируемой космонавтики по сравнению с беспилотными полетами в космос.

Автоматические космические аппараты выполняют свои функции по заранее запланированным программам. И чем проще программа, чем больше в ней повторяемых элементов, тем больше преимуществ имеет автомат. Если для выполнения функции в космическом полете необходимо предусмотреть большое количество вариантов начальных условий, если необходимо выполнять последующие шаги программы в зависимости от результатов выполнения предыдущих шагов (как это часто бывает при испытаниях авиационной и космической техники или при выполнении новых научных экспериментов), то человек-испытатель-космонавт становится ключевым элементом цепи принятия управленческих решений на борту пилотируемого космического аппарата-комплекса (ПКА). Из этого следует вывод, что человек лучше автомата работает только в трудно предсказуемых условиях [1].

За счет чего это достигается? Для ответа на этот вопрос необходимо проанализировать отношения субъекта, принимающего управленческие решения на борту ПКА, и объекта управления. В качестве первого выступает экипаж, второго – управляемый ПКА, а в более широком смысле – весь наземно-космический комплекс управления ПКА.

Экипаж. Исследования в области управления пилотируемой авиационно-космической техникой, особенно те, которые были выполнены в СССР в период работы по программе «Энергия–Буран», прежде всего, И.С. Мельниковым [3], показали, что главной составляющей и целью подготовки экипажа, способного к надежному парированию нештатных ситуаций в полете, должны быть методы преодоления вербального мышления, удержание сознания управляющего субъекта-оператора *в пространстве смысла* путем развития понятийного и образного мышления. (В авиации, кстати говоря, такой подход используется при отборе кандидатов для пополнения в военные летные училища и школы летчиков-испытателей.) Представляется необходимым создание специального интеллектуально-образного методического обеспечения подготовки экипажей ПКА и правильного информационного обеспечения его работы в полете, осуществляемого, в первую очередь, за счет синтеза бортовых эргатических систем. Важным аспектом этого синтеза является совершенствование человеко-машинных интерфейсов.

Возникает вопрос, почему необходим переход от традиционного вербального мышления (все используемые в пилотируемой космонавтике инструкции, в основном, являются продуктом такого мышления) в образное пространство смысла выполняемых операций? Ответ на него может быть найден в области практической деятельности по подготовке экипажей ПКА к космическому полету и, собственно, по его выполнению.

Постоянное увеличение объемов загружаемой в члена экипажа информации будет приводить к усложнению поиска нужного ответа (действия) и, как результат, к пропускам блоков существенной информации. Попытки исправить это увеличением тренировочной нагрузки – тупиковый путь, поскольку бездумное увеличение объемов вербальной информации, с которой должен справляться экипаж, каждый раз быстро превышает любое увеличение степени тренированности и

адекватности реагирования, приобретаемое космонавтами в результате тренировок любой мыслимой интенсивности.

Другой внедряемый в настоящее время способ помочь человеку-космонавту справиться с большим объемом информации, получаемой во время полета, связан с увеличением детализации описания его возможных действий. Он тоже является тупиковым, так как не приводит к решению поставленной задачи, но имеет результатом «роботизацию» человека и, как следствие, потерю его преимуществ (как мыслящего существа) перед автоматом.

Комплекс управления. При управлении любым космическим аппаратом в настоящее время используются два контура управления: наземный (НКУ) и бортовой (БКУ) при лидирующей роли НКУ с Центром управления полетами (ЦУП) в качестве основного управляющего звена. Основными функциями ЦУПа при этом являются: планирование работы бортовых систем и экипажа для выполнения целевой задачи полета, обеспечение передачи на борт управляющих воздействий и контроль их исполнения.

Эта схема управления отработана и надежно функционирует при обеспечении космических полетов на низкой околоземной орбите, например, полета Международной космической станции (МКС). Однако, в силу рассмотренных в работе [2] особенностей-условий межпланетного полета, данная схема теряет эффективность. В этом случае необходимо перенести основную управленческую нагрузку с НКУ на БКУ межпланетного экспедиционного комплекса (МЭК), то есть, в значительной степени перенести функции ЦУПа на борт [1].

В настоящее время численность смены управления ЦУПа-М составляет несколько десятков человек, в то время как на борту МЭК, по-видимому, больше 4–6 космонавтов не будет, по крайней мере, в первых 5–10 межпланетных полетах. Тогда на экипаж должна лечь дополнительная (почти десятикратная) нагрузка по управлению полетом комплекса. В нынешних условиях для экипажа – это непосильная задача и, следовательно, ее решение лежит в области совершенствования БКУ. Становятся очевидными и направления такого совершенствования. Попросту говоря, на борт МЭК следует перенести вычислительный и интеллектуальный потенциал специалистов управления ЦУПа. Для этого необходимо создать такую бортовую информационно-управляющую систему (БИУС), которая будет осуществлять функции автоматизированного планирования, обеспечения реализации программы полета, обработки телеметрической информации, анализа состояния и функционирования бортовых систем и выполнения задач управления. Кроме того, БИУС должна обеспечить автоматическое парирование расчетных нештатных ситуаций (НШС) и выработку рекомендаций экипажу по выходу из нерасчетных НШС. Дополнительная функция такой системы – предоставление экипажу информации, необходимой для организации служебной и целевой деятельности на борту ПКК. Иными словами, БИУС должна стать ядром интеллектуально-технической системы поддержки деятельности экипажа (СПДЭ).

В этом случае наземный ЦУП не прекращает свое существование. Он остается необходимым элементом контура управления полетом с очень важной функцией мозгового центра – консультативного органа для выработки долговременных рекомендаций по работе экипажа и оперативному поиску оптимальных решений для выхода из нерасчетных НШС. ЦУП по-прежнему обеспечивает учет и контроль ресурсов ПКК, в особенности межпланетного экспедиционного комплекса, опять же, для выработки рекомендаций по их оптимальному использованию. ЦУП обеспечивает экипаж МЭК и необходимой навигационно-

баллистической информацией, которая, наряду с данными от бортовой навигационной системы, служит для коррекции траектории полета МЭЖ и выполнения иных динамических операций, жизненно важных для функционирования пилотируемого комплекса.

Подобная схема управления полетом может быть реализована на практике лишь тогда, когда необходимость перехода к ней будет принята всеми звеньями цепи принятия управленческих решений при выполнении космического полета.

Оптимизация процесса принятия решений и принципы построения системы поддержки деятельности экипажа

Главной причиной отсутствия в настоящее время достаточно надежных и эффективных методов синтеза эргатических систем и прогнозирования их работы в штатных, нештатных и аварийных ситуациях является то, что, несмотря на ощутимые успехи научно-инженерного сообщества в области кибернетики, психологии, эргономики, теории и практики управления, человек как звено в многофункциональных контурах управления является еще «черным ящиком» [3]. Иными словами, его характеристики во многом неизвестны, слишком нестационарны и пока еще не могут быть представлены в виде, позволяющем осуществить синтез контура управления на основе хорошо разработанных методов теории управления и кибернетики. При решении подобных задач приходится сталкиваться с обширным спектром свойств человека как управляющего звена системы.

Небольшая по сравнению с современными бортовыми компьютерами скорость восприятия и обработки информации, низкая пропускная способность динамической памяти человека, слабая помехоустойчивость, ограниченная скорость реакции могут быть компенсированы способностью профессионально подготовленного оператора работать в образном и понятийном пространстве, содержа в «горячем резерве» открытую, постоянно пополняющуюся опытом и знаниями *концептуальную модель объекта управления и условий его функционирования*. Эта модель (своего рода «образ полета»), реализующаяся на стыке иконической и динамической памяти, позволяет осуществлять достаточно быструю, качественную, «грубую» обработку данных о процессах, описываемых сложнейшими дифференциальными уравнениями, и на ее основе избирательно восстанавливать недостающую информацию, а также использовать информационную избыточность в интересах контроля надежности бортовых систем, учитывать вероятность возникновения тех или иных событий и прогнозировать их развитие.

Фактически процесс управления сложными объектами, будь то самолет или ПКЛ, является процессом построения концептуальной модели, на которой в значительной степени базируются не только мастерство и опыт, но и интуиция, играющая исключительно важную роль в процессе управления ПКА, особенно при остром дефиците времени для парирования НШС [1, 3].

В первом приближении СПДЭ можно было бы представить как синтез БИУС и системы «Помощник экипажа». Основные функции этой системы можно было бы сформулировать следующим образом:

- дополнительная обработка информации и представление ее на средствах отображения в образном интегральном виде, удобном для восприятия экипажем;
- прогнозирование последующих состояний ПКА, выявление предпосылок к возникновению НШС и выдача экипажу рекомендаций по их предотвращению;
- выработка оптимальной стратегии управления ПКА;

- оценка деятельности и состояния (физического, психологического) экипажа и информирование его об отклонениях от нормы;
- управление ПКА (прежде всего МЭК) в автоматическом режиме по решению экипажа.

Как уже подчеркивалось ранее, даже при наличии на борту ПКА (МЭК) самой совершенной и многофункциональной СПДЭ, способной решать задачу управления комплексом и принимать решения по управлению в условиях текущей неопределенности на основе оперирования «размытыми» понятиями, роль экипажа ПКА как центрального звена управления с главным приоритетом в принятии решений, остается незыблемой.

В рассматриваемом случае деятельность экипажа складывается из решения двух в равной степени важных стратегических задач [2, 3]:

1. Получение ожидаемого результата, достижение цели полета, экспедиции, при поддержании необходимого уровня безопасности.

2. Уточнение и развитие на основе полученного опыта применяемой концептуальной модели, пополнение новой информацией банка данных и использование их в последующих полетах в качестве априорной информации.

В информационном пространстве, в отличие от смыслового, обе эти задачи решаются крайне неэффективно, в частности, потому что полного совпадения полетных ситуаций в разных экспедициях практически не бывает, а близость ситуаций в информационном поле, как правило, не соответствует их близости в смысловом (по образам и понятиям).

Накопление опыта без его трансформации в образы и понятия концептуальной модели и их систематического пересмотра приводит к перегрузке сознания информацией и снижению вероятности нахождения правильных решений в условиях острого дефицита времени.

Таким образом, решение проблем интеллектуально-психологической насыщенности труда и быта экипажей ПКА, особенно во время межпланетных полетов огромной по человеческим меркам продолжительности, поиска и внедрения эффективных способов и методик их совершенствования во время тренировок и в полете, является исключительно актуальной задачей пилотируемой космонавтики будущего, без решения которой трудно рассчитывать на повышение безопасности пилотируемых полетов за счет снижения влияния так называемого «человеческого фактора».

Заключение

Пилотируемые полеты повышенной технической сложности на околоземной орбите, а также полеты к Луне, Марсу, астероидам связаны с высокой степенью автономности работы экипажа. В связи с этим необходима его более глубокая и многопрофильная подготовка к выполнению поставленной задачи (подготовка на уровне навыков, а не на уровне операций).

С увеличением сложности решаемых в космосе задач участие человека в этом процессе становится все более значимым.

Уменьшение вероятности возникновения ошибок в работе экипажа должно быть связано не с увеличением числа инструкций или их детализации, а с совершенствованием интерфейсов «человек-машина» (в этом процессе целью должно стать создание системы поддержки деятельности экипажа ПКА), а также выработкой у оператора способности работать не столько в информационном, сколько

в образном и понятийном пространстве, радикально повышающей его способность адекватно действовать при возникновении НШС.

Если действия по управлению кораблем могут быть формализованы, то они должны быть отданы для исполнения машине. Это из года в год во все более значительной степени внедряется в практику пилотируемой космонавтики, прежде всего на МКС. Но за человеком-оператором должно неизменно оставаться право определять, когда ими следует пользоваться в «машинном исполнении», а когда, при помощи СПДЭ, брать контроль над выполнением ответственных операций на себя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Krikalev S.K., Kalery A.Yu. and Sorokin I.V. "Crew on the ISS: Creativity or Determinism?", *Acta Astronautica*, 66 (2010) 70-73.
- [2] Kalery A.Yu., Sorokin I.V. and Tyurin M.V. "Human Space Exploration Beyond the International Space Station: Role of Relations of Human, Machine and the "Earth", *Acta Astronautica*, 67 (2010) 925-933.
- [3] Melnikov N.S. "Those Who Burned by "Buran", Samara, 2009, Appendix 1, p. 321-359 [in Russian].

УДК 614.8:629.78.066

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА С БОРТА РС МКС
КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Г.И. Падалка, С.Н. Ревин, Л.В. Десинов, С.Л. Десинов, В.А. Рудаков,
В.Е. Черноглазов, М.Ю. Беляев, Д.Ю. Караваев

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ Г.И. Падалка;
летчик-космонавт РФ С.Н. Ревин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Канд. географических наук Л.В. Десинов; С.Л. Десинов; В.А. Рудаков;
В.Е. Черноглазов (Институт географии РАН, г. Москва)
Докт. техн. наук, профессор М.Ю. Беляев; Д.Ю. Караваев (ОАО «РКК «Энергия»,
г. Королёв)

Представлены особенности цифровой фотосъемки земной поверхности с борта российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) и программно-математического обеспечения обработки получаемых изображений. На основе дешифрирования фотоснимков приводятся результаты исследований возникновения, развития и кульминации катастрофического наводнения, произошедшего 6–7 июля 2012 года в г. Крымске Краснодарского края.

Ключевые слова: катастрофическое наводнение, река Адагум, город Крымск, космический мониторинг.

**Results of Monitoring of Catastrophic Floods in Krasnodar Territory
From the Board of the ISS RS. G.I. Padalka, S.N. Revin, L.V. Desinov,
S.L. Desinov, V.A. Rudakov, V.E. Chernoglazov, M.Yu. Belyayev,
D.Yu. Karavayev**

The paper presents the features of digital photographing from the board of the International Space Station' Russian Segment and of software for processing the obtained images. On the basis of the image decoding, it also presents the investigation results of the origination, development and culmination of a catastrophic flood on July 6–7, 2012 in Krymsk, Krasnodar Territory.

Keywords: a catastrophic flood, the Agadum-river, Krymsk, space monitoring.

Введение

Мониторинг земной поверхности осуществляется с помощью автоматических космических аппаратов. Вместе с тем, ценную информацию дает фотографирование, которое выполняют космонавты с борта российского сегмента Международной космической станции по научной программе «Ураган». Используются цифровые фотоаппараты Nikon D3 и Nikon D3X с широким набором оптики. В тех случаях, когда применяется объектив с фокусным расстоянием 1200 мм, разрешение на местности достигает 2–3 м.

Мониторинг земной поверхности с борта МКС имеет ряд особенностей по сравнению со съемкой со спутников дистанционного зондирования Земли, среди которых важнейшее – оперативное интеллектуальное реагирование на события, например, природные катастрофы. Другое достоинство – возможность фотографирования объекта от одного до трех раз в сутки и чередования крупномасштабной съемки в направлении, близком к вертикали к земной поверхности «в надир», и мелкомасштабной перспективной съемки. Кроме того, поскольку орбита МКС имеет меньшую высоту по сравнению с солнечно-синхронными орбитами спут-

ников дистанционного зондирования Земли, достигается увеличение детальности снимков, получаемых аппаратурой, эквивалентной той, что устанавливается на спутниках.

По мере улучшения детальности фотоснимков и акцентирования научной программы «Ураган» на ее практическую отдачу возникла потребность создания простой технологии фототрансформирования фотоснимков, полученных ручными камерами под разными углами съемки. Достигнутая высокая детальность цветных изображений потребовала разработать простую методологию такого преобразования снимков, которое обеспечивает возможность точного измерения линейных размеров и площадей объектов мониторинга.

Работа основана на материалах дешифрирования фотоснимков, полученных космонавтом Г.И. Падалкой в период с 9 по 20 июля 2012 года. Дополнительно использованы данные синхронного фотографирования гидрологического бассейна р. Адагум с вертолета, материалы наземного обследования и документальные сведения, предоставленные Следственным комитетом России по Краснодарскому краю.

Преобразования цифровых снимков земной поверхности в ортогональную проекцию и расчет линейных размеров и площадей

При обработке фотоснимков, выполненных космонавтами с борта МКС, часто возникает задача определения на них линейных размеров и площадей объектов, а также потребность в составлении «мозаичных» фотокарт и карт, составленных из снимков, сделанных в разное время для изучения процессов, происходящих в заданном районе. Для выполнения оперативной обработки большого количества снимков, принимаемых Центром управления полетами, желательно иметь специальные средства, более простые и быстродействующие, чем программное обеспечение, используемое для больших ГИС.

С другой стороны, задача географической «привязки» снимков затруднена вследствие принятой на МКС технологии съемок фотокамерой с рук, что делает невозможным автоматический расчет «привязки» из-за неизвестной ориентации камеры в момент съемки. Поэтому при обработке снимков принята технология, в которой основой для опознавания и трансформирования служит готовый ортофотоплан земной поверхности, доступный из открытых источников (например, google.maps.com).

Каждый снимок проходит следующие этапы обработки: опознавание по ортофотоплану; выбор четырех общих (опорных) точек на снимке и ортофотоплане; преобразование снимка в ортогональную проекцию; задание на снимке точек для определения требуемых линейных размеров для последующего автоматического расчета; выделение цветом на снимке заданных районов для вычисления площадей для последующего автоматического расчета.

Главным элементом обработки является трансформирование снимка в ортогональную проекцию (в проекцию имеющегося ортофотоплана), после чего этот снимок «приобретает» характеристики ортофотоплана: его масштаб и ориентацию, а координаты каждого пикселя снимка становятся известными. Теперь можно вычислять линейные и площадные размеры на ортотрансформированном снимке, а также накладывать их друг на друга в одинаковом масштабе для получения «мозаичных» изображений.

Программное обеспечение для выполнения указанных задач максимально упрощено и предназначено для работы на обычном персональном компьютере и в

обычной операционной среде (Windows). При этом в качестве интерфейса оператором использованы стандартные средства операционной системы – программа MS Paint, входящая в обязательный набор программ. Специальное программное обеспечение представляет надстройку над стандартными средствами, обрабатывает сообщения от этих средств, а также производит фотограмметрическое преобразование снимка, исходя из теоремы о двойных соотношениях.

Ортотрансформирование снимка

Автоматизированный процесс фотограмметрических преобразований снимка земной поверхности, представленного в виде файла, содержащего изображение, предполагает наличие заранее составленного фрагмента ортофотоплана данного района с помощью программных средств, не рассматриваемых в данной работе.

В нашем случае ортотрансформирование основано на теореме двойных (ангармонических) соотношений (рис. 1а):

$$\begin{aligned} (AD \cdot BC)/(AC \cdot BD) &= (\sin ASD \cdot \sin BSC)/(\sin ASC \cdot \sin BSD) = \mu \\ (ad \cdot bc)/(ac \cdot bd) &= (\sin ASD \cdot \sin BSC)/(\sin ASC \cdot \sin BSD) = \mu \end{aligned} \quad (1)$$

Из соотношений (1) следует, что двойные отношения четырех точек прямой и ее перспективного изображения одинаковы. Кроме того, учитывается, что 2 вера лучей, лежащих в разных плоскостях (P и T), взаимно перспективны (рис. 1б), если они опираются на взаимно перспективные ряды точек и вершины их лежат на одном проектирующем луче (S, S₁, S₂).

Данный ангармонический метод ортотрансформирования реализован в виде процедуры определения координат произвольной точки снимка на плане по координатам четырех общих опорных точек. Применяя данную процедуру ко всем точкам исходного снимка, можно не только определить координаты всех точек снимка (включая центральную и угловые), но также «наложить» снимок на ортофотоплан, размещая каждую точку (пиксель) снимка на «своем месте» на плане. При этом снимок автоматически приводится к масштабу плана.

Координаты произвольной точки снимка определяются как координаты точки пересечения двух лучей, построенных из двух опорных точек в направлении на искомую точку. В качестве вершин лучей берутся любые две опорные точки из заданных четырех. Для построения каждого луча определяются координаты точки, лежащей на этом луче, путем решения системы трех нелинейных уравнений в частных производных. Система уравнений составляется исходя из следующих условий:

- искомая точка луча и вершина луча лежат на одной прямой;
- луч делит отрезок прямой между двумя опорными точками на части, соотношение которых L₁/L₂ известно (заранее задано как любая не нулевая, но определенная величина).

Таким образом, если координаты X, Y, Z двух опорных точек P и R известны, для координат искомой точки Q составляются следующие уравнения:

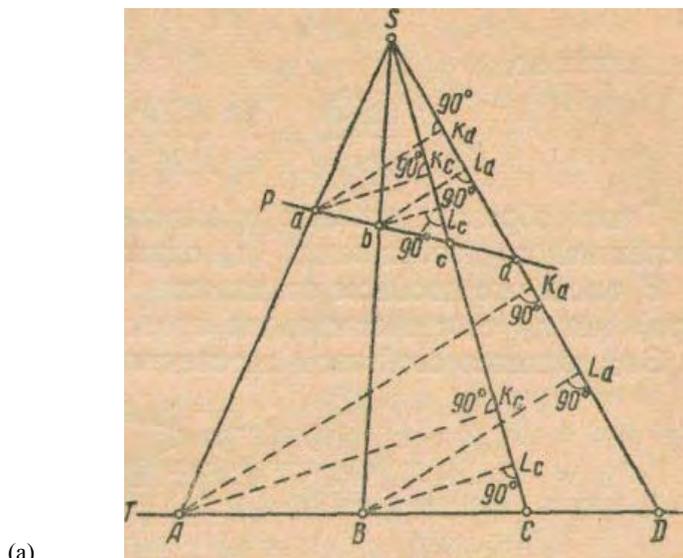
P, Q, R – лежат на одной прямой

$$(X_p - X_q) \cdot (Y_r - Y_q) - (Y_p - Y_q) \cdot (X_r - X_q) = 0. \quad (2)$$

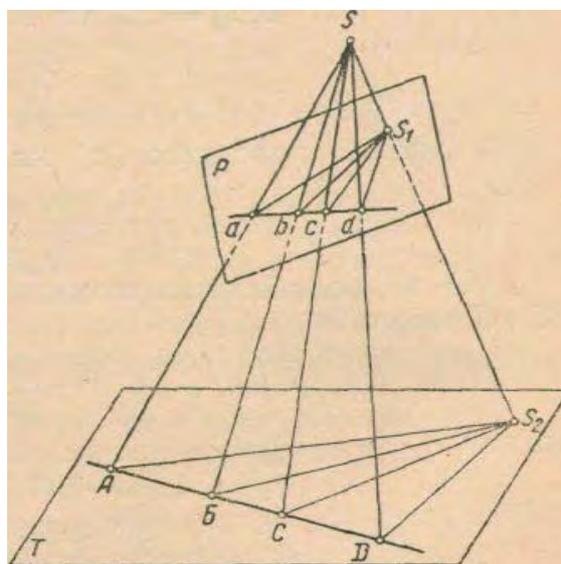
Расстояние между P и Q задано равным L₁+L₂

$$(X_p - X_q) \cdot (X_p - X_q) + (Y_p - Y_q) \cdot (Y_p - Y_q) = (L_1 + L_2)^2. \quad (3)$$

Расстояние между P и R равно L₁, расстояние между Q и R равно L₂



(a)



(б)

Рис. 1. Ортопроецирование снимка

$$(X_r - X_p) \cdot (X_r - X_p) + (Y_r - Y_p) \cdot (Y_r - Y_p) - (X_q - X_r) \cdot (X_q - X_r) - (Y_q - Y_r) \cdot (Y_q - Y_r) = L_1^2 - L_2^2. \quad (4)$$

Решения полученной системы уравнений (2)–(4) определяют географические координаты любой точки (пикселя) снимка, в том числе центральной и угловых точек.

Рассчитанные координаты в виде двоичных данных дописываются к файлу исходного снимка и в дальнейшем могут быть использованы другим программным

обеспечением при обработке снимков, например, при поиске снимков по заданным координатам, составлении «мозаичных» изображений и т.п. Собственно работа по определению координат состоит в указании оператором с помощью компьютерной «мыши» четырех пар общих «опорных» точек на снимке и ортофотоплане.

Указанные оператором четыре пары опорных точек являются исходными данными для работы алгоритма фотограмметрического преобразования, который запускается автоматически после указания последней пары точек. В результате работы алгоритма определяются координаты каждой точки заданного снимка, после чего все точки снимка записываются на соответствующие позиции ортофотоплана и ортофотоплан с «наложенным» на него снимком выдается на экран дисплея компьютера для контроля оператору.

Оператор визуально оценивает правильность и точность выбора опорных точек по степени совпадения местных предметов на границах снимка и ортофотоплана, желательно протяженных (например, дорог, линий электропередач, береговой линии). Если расхождение не превышает 2 пикселя, принимают привязку снимка выполненной.

Пример выбора общих (опорных) точек приведен на рис. 2.

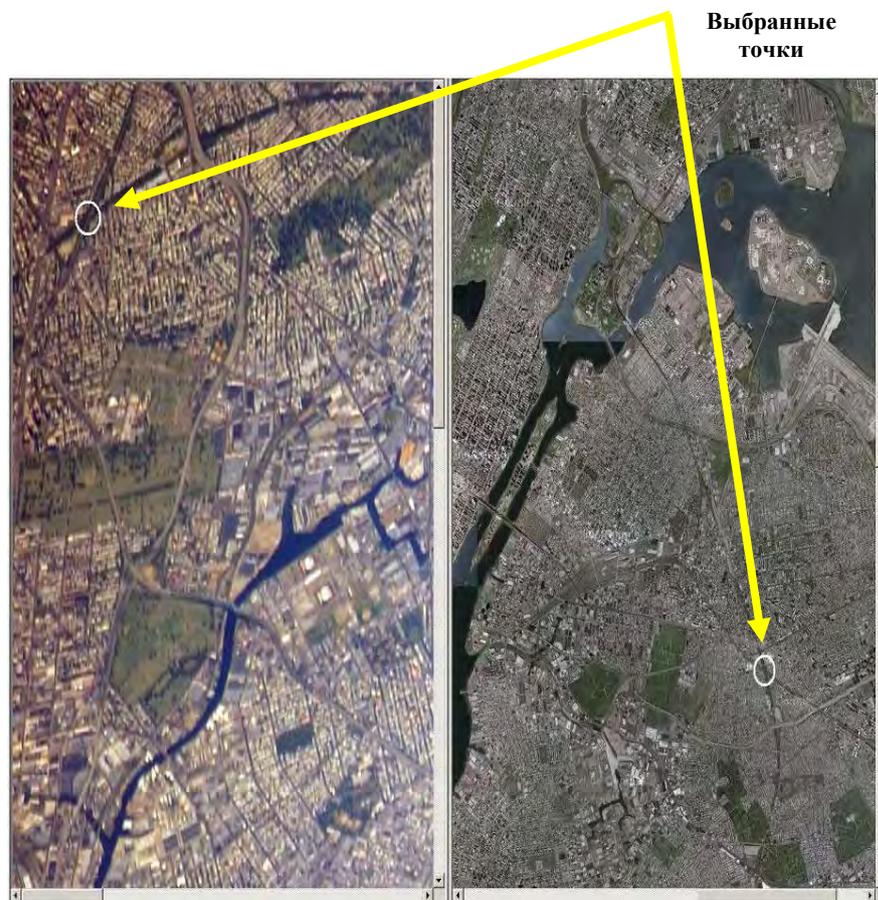


Рис. 2. Выбор пары общих точек на снимке и ортофотоплане

Преобразование к проекции ортофотоплана

Полученных на первом этапе данных достаточно для автоматического преобразования снимка в любую проекцию (не обязательно в проекцию использованного ортофотоплана), а также для составления «мозаичных» карт и карт изменения во времени.

С помощью отдельной программы, проводящей фотограмметрические преобразования, подобные проводимым на первом этапе, снимок может быть преобразован в заданную проекцию отдельно или вместе с частью ортофотоплана, как показано на рис. 3, где снимок приведен на фоне ортофотоплана.

На рис. 4 показан результат наложения следующего «привязанного» снимка на ортофотоплан с предыдущим снимком. Порядок наложения снимков соответствует порядку их обработки.

Мозаичное изображение может быть составлено в любой проекции, например, в цилиндрической.



Рис. 3. Географически «привязанный» снимок, наложенный на ортофотоплан



Рис. 4. Наложение одного снимка на другой и на ортофотоплан

Расчет линейных размеров и площадей

Расчет линейных размеров основан на определении расстояния между двумя произвольными точками на географически «привязанном» снимке, так как координаты каждой точки снимка могут быть вычислены по данным первого этапа обработки.

При расчете приближенно принимается сферическая модель Земли с расстоянием между двумя точками, координаты которых отличаются на одну угловую минуту, в 1852 метра (морская миля).

Для задания точек, между которыми требуется рассчитать длины, оператор опять использует стандартную программа MS Paint и указывает «мышью» точки – концы измеряемых отрезков.

Расчет площадей основан на выделении заданной области исходного снимка определенным цветом, пересчете снимка в ортогональную проекцию и подсчете числа пикселей, выделенных цветом, на преобразованном снимке. Поскольку в

ортогональной проекции площадь каждого пикселя точно определена, суммарная площадь всех выделенных пикселей также может быть определена, и таким образом вычисляется площадь выделенной области.

Рассмотрим подробнее роль мониторинга с РС МКС в изучении катастрофических паводков, произошедших в июле и августе 2012 года в Краснодарском крае.

Северный Кавказ – регион Российской Федерации, который наиболее часто страдает от наводнений. В Краснодарском крае относительно недавно – в 2002 и 2008 гг. произошли наводнения, приведшие к многочисленным жертвам среди населения и крупному материальному ущербу. В 2012 году в крае вновь произошли катастрофические паводки, охватившие города Новороссийск, Геленджик и Крымск и поселок городского типа Новомихайловский. По официальным данным, погибли более 172 человек, причем большая часть в г. Крымске с населением 57 тыс. человек, расположенном на р. Адагум (бассейн р. Кубани). Здесь наводнение приобрело наибольший размах. Постановщики эксперимента «Ураган» и экипаж РС МКС с самого начала приняли активное участие в изучении данного наводнения и в анализе природных и антропогенных факторов, его вызвавших.

Институт географии РАН и ОАО «РКК «Энергия» при участии космонавтов РС МКС уже много лет ведут постоянный мониторинг природных и техногенных катастрофических событий в рамках программы «Ураган». С 9 по 20 июля 2012 года объектом мониторинга стал водосборный бассейн р. Адагум. Космонавтами сделано в ручном режиме и передано на Землю более 400 обзорных и детальных космических снимков района катастрофы с разрешением на местности до 2 м. Часть снимков была оперативно дешифрована в Институте географии РАН, что позволило провести анализ данной катастрофы и подготовить доклад Президенту России В.В. Путину.

Физико-географическая характеристика территории

Город Крымск расположен в зоне перехода от западного окончания Главного Кавказского хребта к Западно-Кубанской равнине, являющейся частью Кубанско-Приазовской низменности.

Через город протекает р. Адагум – левый приток р. Кубани. Она образуется в 3,2 км выше Крымска при слиянии рек Баканка и Неберджай, впадает ниже города в Варнавинское водохранилище (рис. 5). Средний годовой расход воды р. Адагум в створе Крымска невелик – около 4 м³/с. В отдельные годы река в межень пересыхает. Однако он очень изменчив. В период половодья и паводков расход воды может превысить сотни м³/с. В верхней части долины р. Неберджай расположено одноименное водохранилище, созданное для аккумуляции воды для нужд Новороссийска. Вода подается по трубам через Главный Кавказский хребет.

Синоптические условия. 5–6 июля 2012 года на юго-запад Краснодарского края сместился глубокий циклон со значительным влагосодержанием воздуха. 6 июля у земной поверхности образовался местный циклон с приземным фронтом и мощной конвективной облачностью. Вечером 6 июля он был малоподвижен и пересыщен влагой, что вызвало мощные и длительные осадки.

Выпавшие в течение 6–7 июля осадки относятся к экстремальным и не отмечались ранее за всю историю инструментальных наблюдений. На рис. 6 представлены графики суточных сумм осадков по данным наблюдений на метеостанции Крымска и рядом расположенной метеостанции Новороссийска. Как следует из



Рис. 5. Река Адагум, Крымск, Варнавинское водохранилище

этих данных, сумма суточных осадков по метеостанции Крымска с 6 на 7 июля достигла 171 мм. А на подошве гор вдоль моря – 275 мм в Геленджике и 311 мм в Новороссийске!

Важно отметить, что во всех гидрологических расчетах при проектировании мер противодействия паводкам в Крымске принимают формальную цифру 171 мм. Однако из практики известно, что на горном хребте и в верховьях долин осадков выпадает больше, чем у подножий горных хребтов, как правило, не менее полуторной величины. Следовательно, необходимо принять среднее значение количества осадков по всему водосборному бассейну р. Адагум не менее 350 мм/сутки. Заметим, что это 350 л/м²! При площади бассейна 336 км² получим очень внушительную величину поступившей к городу воды – более 100 млн м³!

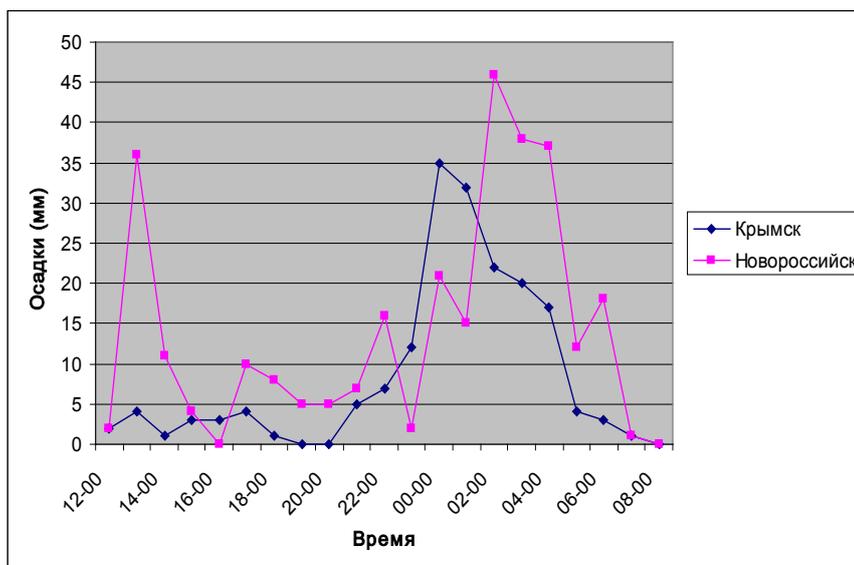


Рис. 6. Количество осадков, выпавших 6–7 июля 2012 года, мм

Опасные процессы в водосборном бассейне реки Адагум

Северный Кавказ относится к наиболее селеопасным горным системам России. Вероятность образования мощных селевых потоков в горах становится реальной при выпадении ливневых осадков с интенсивностью более 20 мм в сутки. А при 50–80 мм в сутки селевые потоки образуются во всех долинах, имеющих скопления рыхлого материала. Если же интенсивность осадков достигает 120 мм в сутки, то сели могут образоваться во всех ландшафтно-геоморфологических зонах, независимо от их геологического строения. Во время катастрофы в Крымске интенсивность осадков была значительно выше приведенных здесь значений. В результате мощного паводка были спущены несколько небольших прудов, вынесена масса рыхлого материала и мусора. Это способствовало образованию селей, перекрывавших на некоторое время русла водотоков. Однако следов крупных селей в бассейне р. Адагум не отмечено.

Крутые горные склоны в водосборном бассейне р. Адагум, легко поддающиеся эрозии рыхлые песчано-глинистые и песчано-галечные породы и лёссовидные суглинки, а также отсутствие местами растительного покрова или его нарушения в результате вырубki лесов и выпаса скота при большом количестве осадков благоприятствуют развитию склоновых процессов, в том числе многочисленных оползней. Материал, их слагающий, становится частью речного потока, образуя так называемый «твердый сток». Существенной добавкой ему становятся горные породы и почва, срезаемые потоком, особенно на поворотах за счет центростремительных сил.

Во всех долинах и ущельях водосбора р. Адагум, включая и небольшие, широко распространены склоны осыпания и интенсивного поверхностного смыва. В них с высокой вероятностью при выпадении большого количества осадков могут происходить оползни течения и разжижения, а также формироваться сели, что во многом определило уровни паводка на территории бассейна.

Большая часть твердого материала во время паводка была вынесена в черту города. Толщина застывшего после ухода воды слоя привнесенного ила составила в среднем около 0,6 м, но в некоторых случаях достигала 7 м. Он заполнил большую часть пораженных объектов энергетического хозяйства города.

Развитие наводнения

Анализ космических снимков, данных гидрометеостанций и структуры водосборного бассейна с большой долей уверенности позволили восстановить картину развития наводнения.

Кратковременные, но довольно интенсивные осадки начались 6 июля 2012 года. До 12:00, по данным метеостанций Новороссийска и Крымска, выпало соответственно около 10 и 5 мм осадков. Далее осадки шли непрерывно. Неберджаевское водохранилище начало заполняться, а грунты на склонах гор насыщаться влагой.

К 20:00 6 июля в Новороссийске выпало 88 мм осадков, а в Крымске 24 мм. Учитывая скорость добега, ливневая волна с верховий долин достигла станиц Неберджаевской, Нижнебаканской и Крымска. Эту волну паводка следует считать первой. С 20:00 до 22:00 осадки усилились, и на р. Баканке в 21:40 отмечен подъем уровня воды до 2 м, а на р. Неберджай – до 2,34 м. Пойма р. Агадум была затоплена. На горных склонах началось движение рыхлого материала – мелкие оползни и оплывины, которые образовали небольшие плотины в логах и мелких притоках.

С 22:00 до 24:00 в станице Неберджаевской на р. Баканке максимальный уровень воды превысил 4 м. В то же время уровень воды в притоках поднялся на 2–3 м. В Крымске началось наводнение. На водоразделах с 00:00 до 02:00 часов 7 июля выпало максимальное за время ливня количество осадков. В это же время в Крымске выпало 54 мм осадков. Все обычно сухие долинки временных водотоков, балки и овраги стали руслами быстрых потоков (табл. 1).

Таблица 1

Усложнение структуры бассейна р. Агадум во время наводнения 6–7 июля

Бассейны	Площадь бассейна (км кв)	Фактическое количество водотоков (временных / постоянных)	Количество образовавшихся водотоков	Превышение максимальных уровней воды над меженными (м)
1. р. Баканка	94,9	9/4	54	5,48
2. Атукаевское водохранилище	19,6	1/–	15	2,17
3. Ур. Зеленые Бараки	5,9	–/–	5	–
4. Чубукова щель	9,4	1/3	5	2,6
5. Прямая щель	30,9	–/9	12	3,05
6. р. Темрючки	5,9	–/2	3	2
7. Глубокая щель	10	1/2	4	2,67
8. р. Богаго	36,5	1/12	12	–
9. р. Неберджай	37,7	2/8	18	4,16
10. Неберджаевское водохранилище	31,6	4/17	18	6,6
11. р. Агадум	24,4	3/2	13	7,1

К этому времени Неберджаевское водохранилище было уже заполнено (рис. 7), а в долинах рек и их притоков начался перелив воды через плотины небольших водоемов. В контрольной точке превышение максимального уровня воды над меженным в р. Баканка возросло до 5,48 м. Возможно, что это резкое повышение было вызвано сходом оползней в ущельях небольших притоков р. Баканки. На космических снимках все места прохождения критических волн дешифрируются очень четко.

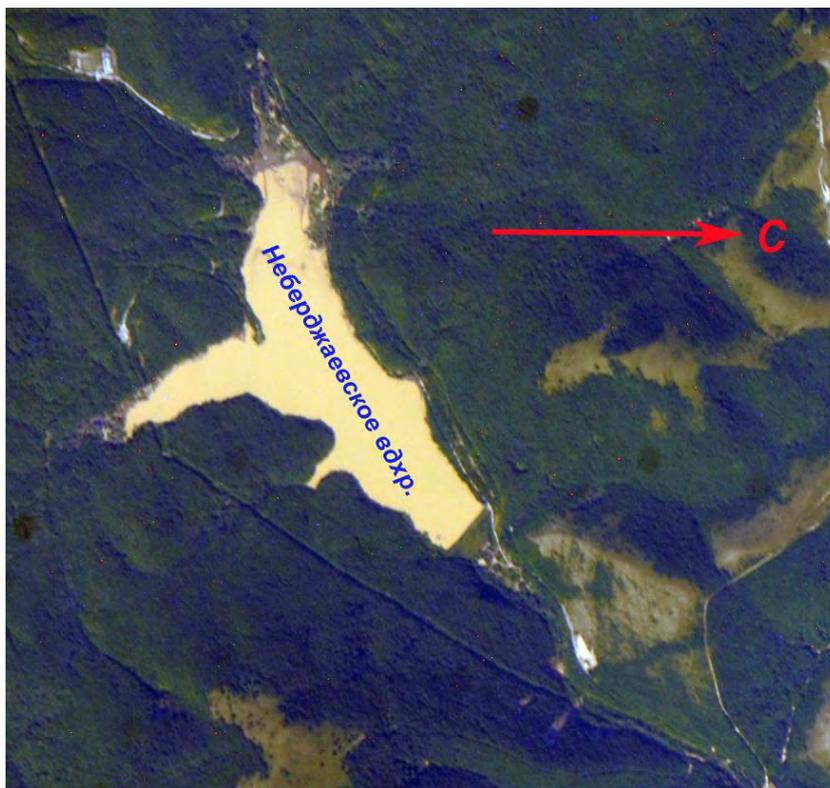


Рис. 7. Заполнение Неберджаевского водохранилища во время наводнения

В 2,2 км от Крымска на пути паводковых вод с обеих сторон оказались препятствия – насыпи шоссе и железных дорог, ж/д мост и трубопроводы, по которым транспортируется углеводородное сырье (рис. 8).

Паводковые воды преодолели эту преграду, не разрушив опоры моста, но во многих местах очень сильно деформировав трубопровод. «Живое сечение» моста шириной около 30 м было забито несомым водой древесным мусором и твердым материалом, в том числе даже тяжелым грузовиком. По-видимому, эта волна не вызвала серьезных разрушений, но стала очевидным признаком надвигающейся катастрофы и поводом для объявления режима чрезвычайной ситуации.

С двух до трех часов ночи 7 июля 2012 года на Крымск пришелся пик паводка, во многом обусловленный осадками, выпавшими в верховьях и, наконец, достигшими города.

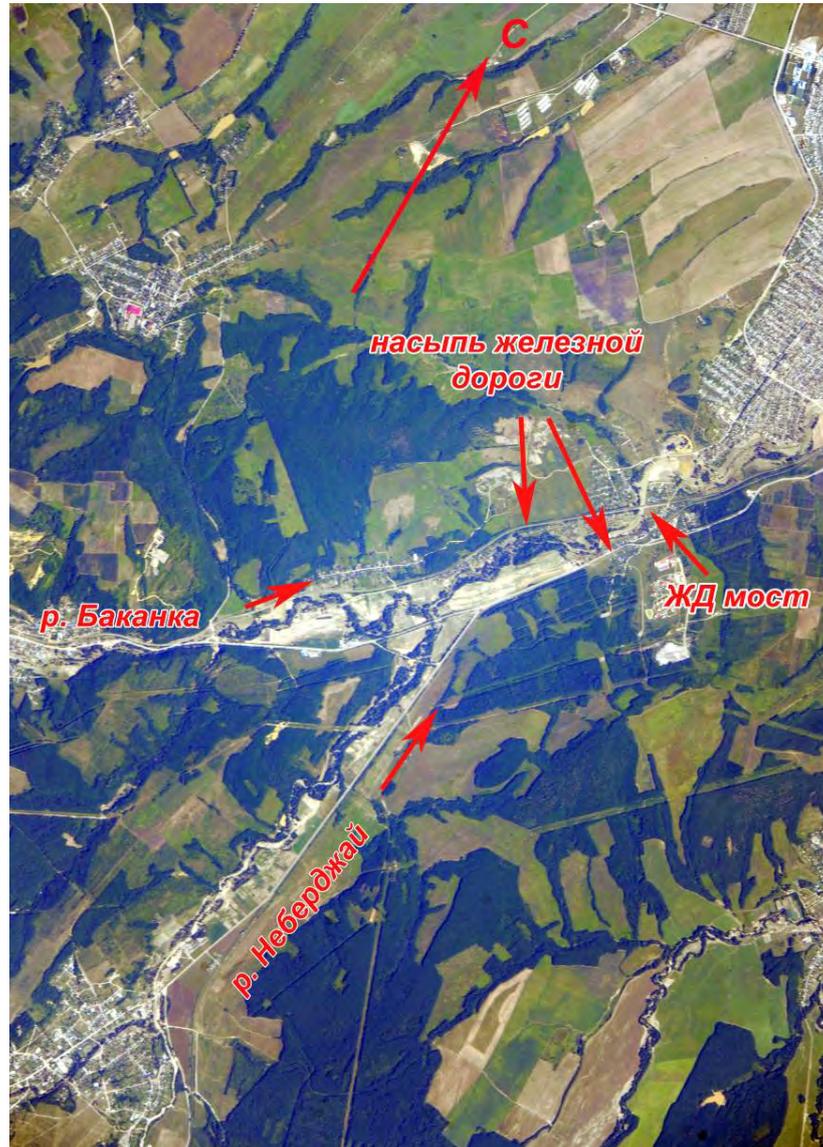


Рис. 8. насыпи двух шоссе, двух железных дорог и трубопроводов на пути паводковых вод к городу Крымску

Главное препятствие находилось непосредственно на входе в город (рис. 9). Здесь поперек р. Адагум проложено шоссе с высотой полотна около 7 м выше тальвега реки. Дорога на протяжении 800 м фактически образует дамбу с тяжелым низким мостом. «Живое сечение» этого моста для пропуска воды имеет ширину всего 80 м, к тому же оно разделено на 7 частей широкими железобетонными опорами. К началу катастрофы все пространство под мостом было забито мусором.



Рис. 9. Автодорожный мост – главное препятствие на пути паводковых вод

Насыпь автомобильной дороги оказалась основной временной плотиной, задержавшей паводковые воды и способствовавшей поднятию уровня р. Адагум значительно более, чем на 8 м.

За этой плотиной образовалось напорное водохранилище площадью около $5,5 \text{ км}^2$. На этот объем воды оказывалось давление от воздействия водных масс, волнами накатывающимися с гор. Это вода вначале хлынула через плотину по всему фронту шириной 800 м, а затем пробила себе путь в «живом» сечении» моста. В результате на город обрушилась волна высотой более 7 м. В итоге в Крымске было затоплено около половины территории. Более 60 % погибших людей было обнаружено недалеко от этого моста на левом берегу реки. Затем главная волна ушла по городской застройке на правую сторону поймы в направлении широкого оврага, спадающего к реке. Здесь и чуть ниже обнаружены все остальные погибшие люди.

Важно отметить, что именно материалы фотосъемки с РС МКС дали возможность оперативно и точно обозначить площадь затопления города и его окрестностей. На полученных фото это видно очень наглядно.

Волнами паводка была разрушена система электроснабжения 60 % территории города, включая жилой сектор и промышленные предприятия.

Осадки не прекращались, и за каждый из последующих двух часов выпало еще по месячной норме. Наводнение сопровождалось разрушением зданий и гибелью людей. В Крымске над рекой Адагум построено еще 2 капитальных моста и несколько пешеходных переходов. Эти объекты также забивались мусором и способствовали образованию паводочных волн.

На снимках с МКС отчетливо виден след паводка, прошедшего по р. Неберджай. Неберджайское водохранилище было наполнено водой по верхний край своей плотины, но сама плотина не имеет механических повреждений. Другие водохранилища бассейна р. Адагум также наполнены до краев, но они выдержали натиск стихии. Этот важный оперативный вывод, доведенный до сведения президента России В.В. Путина, позволил опровергнуть слухи и способствовал парированию панических настроений у некоторой части населения.

Сток воды

Наблюдения за стоком воды по данным гидропоста в Крымске ведутся с 1929 года. На рис. 10 представлен график, характеризующий многолетнюю динамику максимальных в году расходов воды, из которого следует, что исторический максимум наблюдался в 2002 году и был оценен по данным обследований по меткам высоких вод при уровне воды 817 см над «0» поста и расходе в $800 \text{ м}^3/\text{с}$. Тогда в Крымске произошли значительные затопления. Расчеты показывают, что в период прохождения максимума паводка 7 июля расход 2002 года был превышен по крайней мере вдвое!

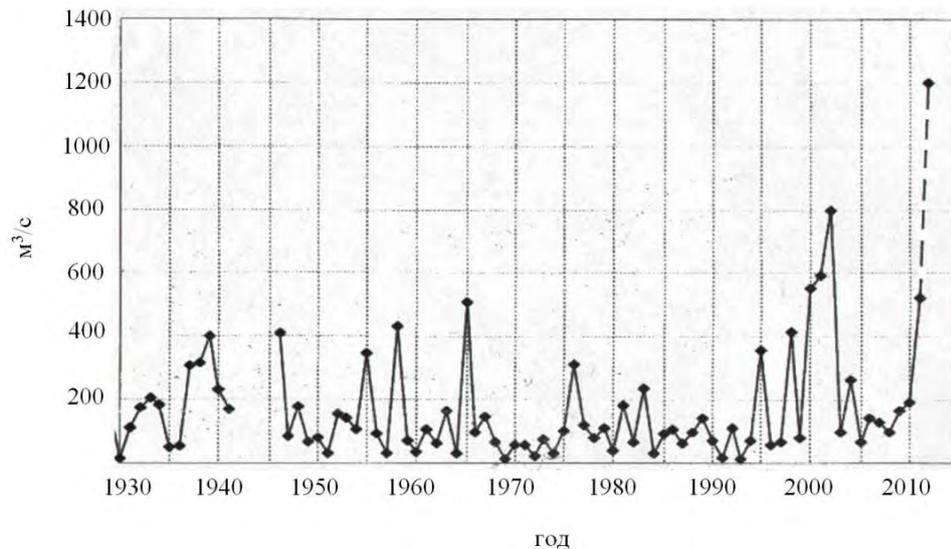


Рис. 10. Максимальные расходы воды в р. Адагум в 1930–2012 гг., $\text{м}^3/\text{с}$

Максимальный расход р. Адагум превысил $1600 \text{ м}^3/\text{с}$. Заметим, что эта цифра характеризует расход воды в р. Волге ниже Ярославля. Из анализа данных (рис. 10) следует, что в последние десятилетия наблюдается увеличение максимальных расходов воды. Причем, если ранее они приходились на зимне-весенний период, то в последние годы – на летний.

Расчет площади оползней

В заключение приведен пример подсчета площади оползней по данным съемки с РС МКС. С помощью ортотрансформированных космических снимков получены данные о площади всех оползней, сошедших только в верховьях долины р. Неберджай. Эти сведения приводятся в табл. 2.

Таблица 2

№№ оползней	Площади проекций на гориз. поверхность кв. м	Площади (кв. м) из расчета, что ср. угол склона 30 град.	№№ оползней	Площади проекций на гориз. поверхность кв. м	Площади (кв. м) из расчета, что ср. угол склона 30 град.
р. Неберджай			притоки р. Неберджай		
n01	3961	4555	n22	515	593
n02	8659	9957	n23	676	777
n03	308	354	n24	963	1108
n04	1445	1662	n25	214	246
n05	1024	1177	n26	1806	2077
n06	415	477	n27	355	408
n07	1305	1500	n28	355	408
n08	602	692	n29	268	308
n09	1151	1323	n30	241	277
n10	5292	6086	n31	743	854
n11	1258	1446	n32	702	808
n12	321	369	n33	549	631
n13	723	831	n34	910	1046
n14	796	916	n35	957	1100
n15	1372	1577	n36	589	677
n16	368	423	n37	408	469
.....
n19	716	823	n61	495	570
n20	1024	1177	n62	3159	3632
n21	582	669	n63	361	416
			Всего:	76 208	≈ 8,76 га

На рис. 11 представлен образец детального космического снимка затопленного города. Он обеспечивает возможность картографирования площади затопления и оценки состояния многих объектов городского хозяйства.



Рис. 11. Фотоснимок затопленного города Крымска с РС МКС

Выводы

1. Главной причиной катастрофического наводнения, произошедшего в городе Крымске и в бассейне р. Адагум в ночь с 6 на 7 июля, стали чрезвычайно обильные осадки, не наблюдавшиеся ранее за весь период инструментальных наблюдений.

2. На условия прохождения паводочной волны оказали влияние следующие антропогенные факторы.

– Пропускная способность пролетов большинства мостов, построенных на реках бассейна, оказалась недостаточной для беспрепятственного прохождения паводочных вод, несущих большое количество древесного материала, бытового мусора и крупных предметов, а в черте Крымска дополнительно стройматериалов, автомобилей и заборов. В результате этого мосты, по сути, стали опорными сооружениями, в верхних бьефах которых аккумулировалась часть паводочного стока с последующими прорывами и изменением направления потока в обход

создаваемых препятствий. В то же время следует отметить, что главные мосты не были разрушены и основная транспортная инфраструктура была сохранена. Судя по данным съемки с РС МКС, удар стихии выдержали все объекты концерна «Роснефть».

– Низкая пойма р. Адагум застроена, в том числе и в водоохраных зонах, а русло реки замусорено, не расчищалось и на отдельных участках сильно заросло. Неберджаевское водохранилище во время паводка снизило поступление паводочных вод в р. Адагум в период его наиболее интенсивного развития примерно на $130 \text{ м}^3/\text{с}$.

3. Максимальный расход воды дождевого паводка на р. Адагум и ее притоках превысил исторический максимум 2002 году. Максимальный расход воды в створе р. Адагум – в черте Крымска, превысил $1600 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует расходам воды повторяемостью один раз в 300 лет.

4. Для предотвращения катастрофического ущерба в будущем необходим постоянный мониторинг района из космоса с детальностью около 2 м. Создание математической модели, позволяющей оперативно рассчитывать и прогнозировать максимальные расходы паводков по данным измерений датчиков, обеспечит возможность оперативного автоматического задействования системы оповещения населения об угрозе.

УДК 629.78.072.8

СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ "GLVIEW" ДЛЯ ИМИТАЦИОННО-ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

М.В. Михайлюк, М.А. Торгашев

Докт. физ.-мат. наук, профессор М.В. Михайлюк;
канд. физ.-мат. наук М.А. Торгашев (НИИСИ РАН, г. Москва)

В статье описываются структура и основные возможности системы «GLView» визуализации трехмерных виртуальных сцен в масштабе реального времени в моно- и стереорежимах. Эта система может использоваться в моделирующих и имитационно-тренажерных комплексах управления сложными динамическими процессами, виртуальных лабораториях, мультимедийных руководствах, виртуальных музеях и других областях. В настоящее время система успешно эксплуатируется в составе ряда тренажеров для космонавтов в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Ключевые слова: система визуализации, виртуальная реальность, реалистичные модели, видеотренажеры.

“GView” – Visualization System for Simulation Facilities to Train Cosmonauts. M.V. Mikhaylyuk, M.A. Torgashev

The paper describes the structure and main capabilities of the «GLView» system for real time rendering 3D virtual scenes in mono and stereo modes. The system can be used in: simulation training facilities to control the complex dynamic processes, virtual laboratories, multimedia manuals, virtual museums, etc. At present the system is successfully used in some simulators at Yu.A. Gagarin Research&Test Cosmonaut Training Center.

Keywords: visualization system, virtual reality, high realistic models, video simulators.

Введение

В настоящее время для подготовки космонавтов широко используются имитационно-тренажерные комплексы и системы, в которых реальная обстановка заменяется на трехмерную виртуальную сцену, визуализируемую в масштабе реального времени (т.е. с частотой смены кадров не менее 25 раз в секунду). Таким образом, качественная и быстрая система визуализации является неотъемлемой частью таких комплексов. Она должна быть совместима с системой моделирования, в которой можно создавать виртуальные сцены и отображать их в максимальной степени приближенно к системе моделирования. Тогда в тренажерной системе виртуальная сцена будет выглядеть и «вести себя» так же, как спроектировал дизайнер. Часто в качестве системы моделирования можно использовать системы конструкторского проектирования (например, SolidWorks, Catia и т.д.).

Использование в тренировках виртуальных сцен, включающих модели интерьера и экстерьера космических модулей, земной поверхности, скафандров, а также моделирование освещения и динамики всех объектов вполне может обеспечить успешное изучение космонавтами составных частей модулей, пультов управления, способа манипулирования объектами, отработать начальные навыки стыковки, ориентирования на поверхности космических станций и поверхности Земли и т.д.

В Научно-исследовательском институте системных исследований РАН разработана и успешно эксплуатируется (в частности, в составе нескольких тренаже-

ров в ФГБУ НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина) система «GLView» визуализации 3D виртуальных сцен в масштабе реального времени. Ниже мы рассмотрим основные возможности этой системы.

1. Виртуальные сцены

Трехмерная виртуальная сцена готовится в системе моделирования 3D MAX (версии с 5 по 13) и затем конвертируется в формат системы «GLView». Конвертирование осуществляется с помощью специального программного модуля (так называемого «плагина»), подключаемого к 3D MAX. Сцены можно создавать и в других системах моделирования, так как в этих системах обычно имеется возможность конвертирования в 3D MAX. В общем случае сцена имеет иерархическую структуру и представляет собой дерево, состоящее из множества узлов. Каждый узел соответствует некоторому объекту, виртуальной камере или источнику освещения сцены, и в нем хранятся значения параметров, позволяющих однозначно вычислить все геометрические и визуальные характеристики этого объекта. Иерархические связи определяют влияние каждого «родителя» (при его движении) на всех связанных с ним «детей». Именно при перемещении или повороте некоторого объекта также будут перемещаться и поворачиваться все нижестоящие в дереве связей объекты. Естественно, что на вышестоящие объекты это движение распространяться не будет.

Каждый геометрический объект в системе 3D MAX строится из примитивов, таких как параллелепипед, сфера, конус, цилиндр и т.д. Однако можно создать конструктор, содержащий сложные стандартные элементы – электродвигатели, колеса, гусеницы, датчики радиации и т.д., и при создании сцены использовать эти готовые типы конструктивных элементов. Для автономных динамических объектов можно задать анимацию. Например, для модели Земли можно задать вращение вокруг оси с постоянной скоростью.



Рис. 1. Модель Международной космической станции

С каждым объектом связаны материалы и текстуры, определяющие его реалистичность. На рис. 1 показана модель Международной космической станции, содержащая более 1 млн полигонов и более 358 МБ текстур (включая текстуры рельефа, отражения и прозрачности).

Кроме объектов, в 3D MAX можно создать источники освещения (до 8 штук) различного типа (точечные, типа фара и направленные) и виртуальные камеры, через которые пользователь будет наблюдать виртуальную сцену. Для обеспечения реалистичности отображения параметры камер должны совпадать с параметрами реальных средств наблюдения или приближаться к параметрам человеческого взгляда.

2. Визуализация виртуальных 3D-сцен

Основными задачами визуализации в системе «GLView» являются высокое качество визуализации и реальный масштаб времени. Качество визуализации зависит от степени подробности геометрической модели объектов сцены, а также качества используемых текстур. Реальный масштаб времени означает синтез каждого кадра изображения за время, не превышающее 40 миллисекунд, что обеспечивает частоту 25 кадров в секунду. Такая частота визуализации кадров у оператора создает впечатление непрерывности движения, что особенно важно в тренажерных системах. Для обеспечения максимальной скорости визуализации применяется множество специально разработанных методов и алгоритмов. В настоящее время система «GLView» обеспечивает реальное время визуализации в монорежиме для виртуальных сцен до 2 млн полигонов (соответственно, для стереорежима сцена должна содержать до 1 млн полигонов).

Известно, что цветовая раскраска наблюдаемых объектов играет при визуальном восприятии не меньшую роль, чем их геометрическая форма. Для правдоподобной имитации свойств реальных поверхностей требуется точное моделирование освещения объектов от множества источников света, а также моделирование таких эффектов, как отражение, зеркальный блеск, микрорельеф поверхности и многих других [1]. Система визуализации в данной части разрабатывалась с целью максимально возможной реалистичности имитации визуальных свойств поверхностей при сохранении режима реального времени синтеза изображений. При этом также преследовалась цель наиболее точного соответствия имитации материалов в системе визуализации и в системе трехмерного моделирования 3D MAX.

Базовой моделью освещения, реализуемой в рамках графики реального времени, является модель освещенности Блинна. Она включает моделирование рассеянной (фоновой) составляющей света, диффузной составляющей, а также моделирование зеркальных бликов. В число учитываемых параметров входят три цвета отдельных составляющих материала, яркость блика и степень его размытия, прозрачность материала, цвет и яркость источников света, а также коэффициенты затухания светимости в зависимости от расстояния. Вычисление освещенности в системе «GLView» выполняется одним из двух способов: либо повершинно (закрашивание Гуро, при этом цвет отдельных пикселей определяется интерполяцией цветов вершин треугольника), либо попиксельно (закрашивание по Фонгу).

Второй способ является существенно более сложным и требует так называемой шейдерной реализации [2], однако при этом он дает и значительно более реалистичные результаты. Примером может служить реализация теней и освещение объектов сцены фарами. На рис. 2 показаны примеры такой реализации.

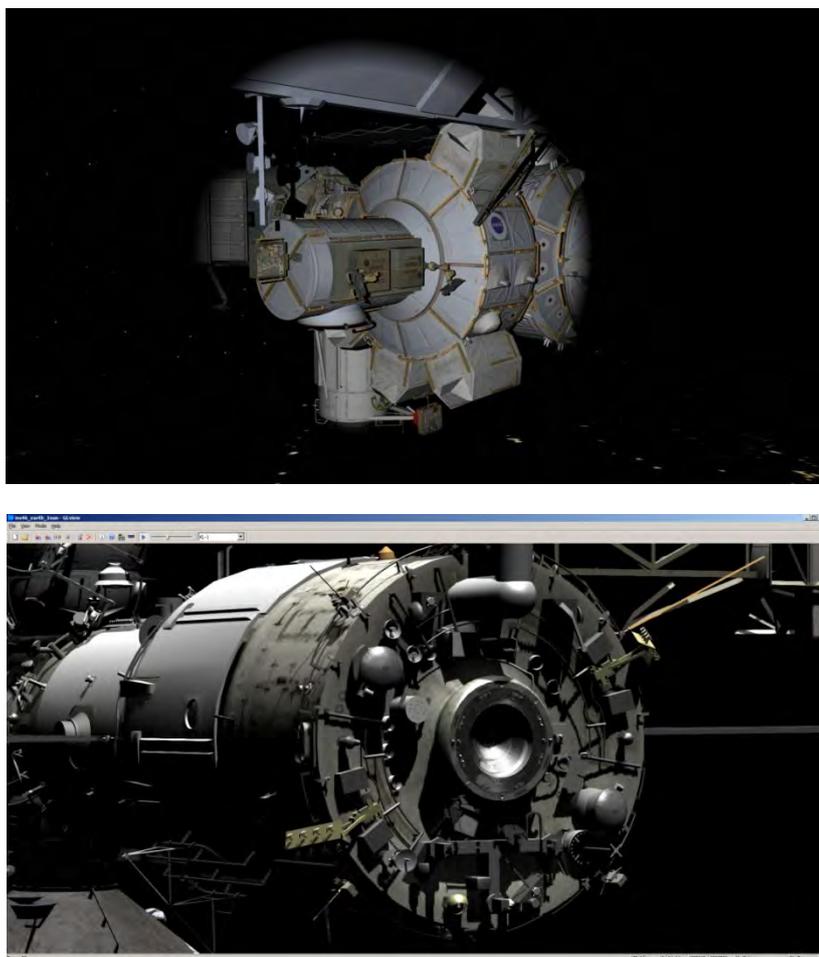


Рис. 2. Освещение модели МКС фарой и реализация теней

Шейдерная обработка состоит в использовании не фиксированного, а программируемого графического конвейера – это многократно повышает гибкость работы с графикой и позволяет реализовать не только стандартные, но и более сложные визуальные эффекты.

Кроме цветовых параметров, очень важными параметрами материалов являются текстуры – двумерные изображения, «накладываемые» на поверхность объектов. Система визуализации «GLView» реализует основные (диффузные) текстуры, текстуры прозрачности, отражения и рельефа (bump map). Для реализации таких текстур применяется попиксельное вычисление освещенности с использованием шейдерной технологии [2].

Для синтеза отражений «GLView» использует два взаимодополняющих подхода – имитацию плоского зеркала и имитацию отражений с помощью рендеринга кубической карты среды [3]. Первый подход, как видно из названия, применяется для плоских (или близких к плоским) поверхностям. Второй подход применим к объектам произвольной формы.

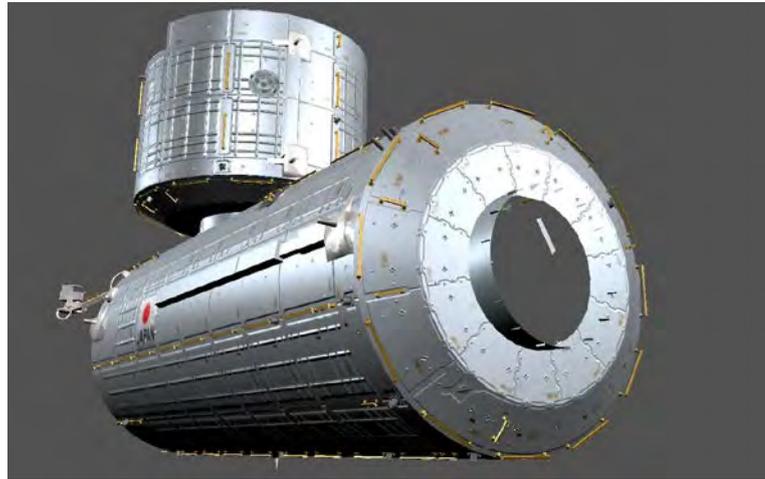


Рис. 3. Модель космического модуля Кибо

Иллюстрация использования сложных материалов с несколькими типами текстур, включая карты рельефа, приведена на рис. 3.

Кроме высококачественного синтеза полигональных трехмерных сцен система «GLView» обладает дополнительными возможностями, которые включают моделирование стереорежима, многопортового и мультиэкранного отображения, имитацию специальных эффектов, а также синтез вспомогательных объектов. Рассмотрим эти возможности более подробно.

2.1. Стереорежим. Система «GLView» поддерживает технологию отображения сцены в стереорежиме, что в первую очередь направлено на повышение степени вовлечения наблюдателя в виртуальную обстановку. Стереорежим позволяет рассматривать трехмерные образы объектов в наиболее естественном виде с учетом бинокулярной особенности зрения человека. Ощущение объема виртуальной сцены позволяет более точно понять габариты объектов и их пространственное расположение, что обеспечивает существенно лучшее восприятие синтезируемых визуальных образов. Поддержка стереорежима реализована с использованием нескольких технологий: поляризационной технологии, анаглифа, метода очков затворного типа, автостереоскопических мониторов, а также с помощью шлемов виртуальной реальности. Основная сложность реализации стереорежима состоит в правильном задании параметров виртуальных камер, образующих стереопару. Если параметры заданы неверно, наблюдатель все равно будет видеть стерео (т.е. объемное изображение), так как стерео создается в мозге человека на основе двух разных изображений, попадающих в глаза. Однако это стерео будет неправильным, что приводит к нарушению видимых размеров объектов и расстояний между ними, а это может быть критичным во многих задачах, использующих систему визуализации. Для правильного задания параметров виртуальных камер необходимо знать положение наблюдателя. Это может обеспечить подсистема трекинга, которая позволяет определить положение и ориентацию головы наблюдателя. В рамках системы «GLView» разработан модуль, реализующий оптическую подсистему трекинга с использованием одной видеокамеры и конфигурации из цветных светящихся маркеров (см. [4]).

2.2. Многопортовая и мультиэкранная визуализация. При моделировании сложных динамических систем часто возникает задача имитации специальных средств наблюдения и специальных режимов отображения. В частности, очень актуален и эффективен режим многопортового отображения визуальной обстановки, когда на экран монитора одновременно выводятся изображения с нескольких виртуальных камер. Это позволяет оператору лучше представить взаимное расположение узлов и механизмов в пространстве, и, тем самым, повысить точность и надежность управления. Кроме того, существует необходимость имитации реальных средств наблюдения, основанных на принципе многокамерного отображения. На рис. 4 показан пример многопортовой визуализации в задаче управления моделью антропоморфного робота.

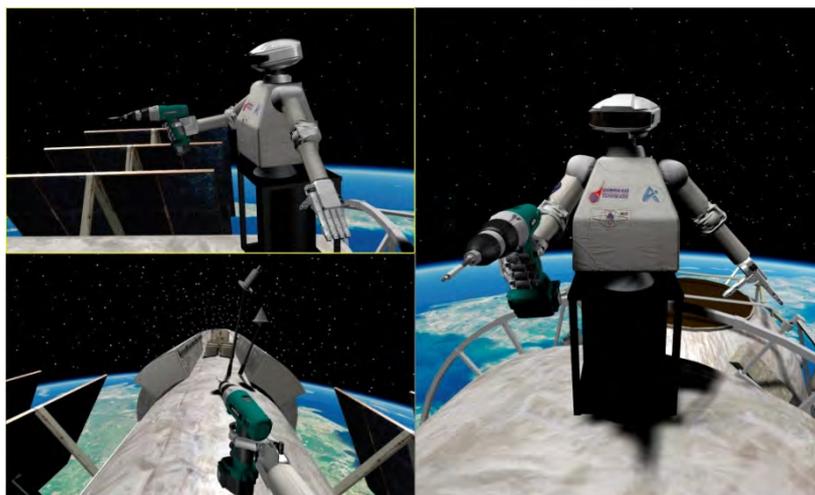


Рис. 4. Многопортовый режим визуализации

Для реализации многокамерных режимов отображения и моделирования специальных средств наблюдения в рамках общей системы визуализации разработана универсальная технология многопортовой визуализации. Каждый порт представляет собой прямоугольную область вывода и имеет такие параметры, как относительные размеры по горизонтали и вертикали, угол наклона порта, ассоциированное с ним средство наблюдения (камеру) и режим «вписывания» порта в общее окно, определяющий изменение области вывода порта при изменении размеров общего окна. Кроме этого, возможно задание маски из внешних графических файлов с каналом прозрачности, что позволяет имитировать практически любую форму контура областей вывода. Данная технология позволяет имитировать большой спектр специальных средств наблюдения и режимов отображения.

Мультиэкранная визуализация обычно предполагает, что изображение для каждого экрана формируется отдельным компьютером, и очень важно, чтобы на стыках экранов изображение оставалось непрерывным, т.е. выводилось синхронно. Для создания непрерывного панорамного изображения в системе «GLView» разработана специальная технология синхронизации формирования и вывода на экраны отдельных частей изображения виртуальной сцены, обеспечивающая в реальном режиме времени синтез непрерывного панорамного изображения на нескольких экранах с помощью нескольких компьютеров [5].

2.3. Имитация специальных эффектов. Система визуализации «GLView» реализует следующие специальные эффекты: черно-белый режим, срыв синхронизации, расфокусировку, засветку и пересветку. Рассматриваемые эффекты, являясь, по сути, специфическими искажениями наблюдаемого изображения, моделируются искусственно для наиболее точной имитации реальной визуальной обстановки.

Черно-белый режим характерен для некоторых используемых до настоящего времени средств наблюдения. Эффект расфокусировки наблюдается в оптических системах средств наблюдения при попадании объекта в зону нерезкости (сближение при стыковке). Явления засветки и пересветки возникают вследствие невозможности компенсации средством наблюдения чрезмерного разброса уровней освещенности наблюдаемой визуальной обстановки, например, при попадании солнца в кадр объектива.

Все рассмотренные эффекты могут применяться как по отдельности, так и в совокупности, при этом значения управляющих параметров могут задаваться либо интерактивно, либо с помощью скриптовых команд. Иллюстрация рассмотренных эффектов приведена на рис. 5.

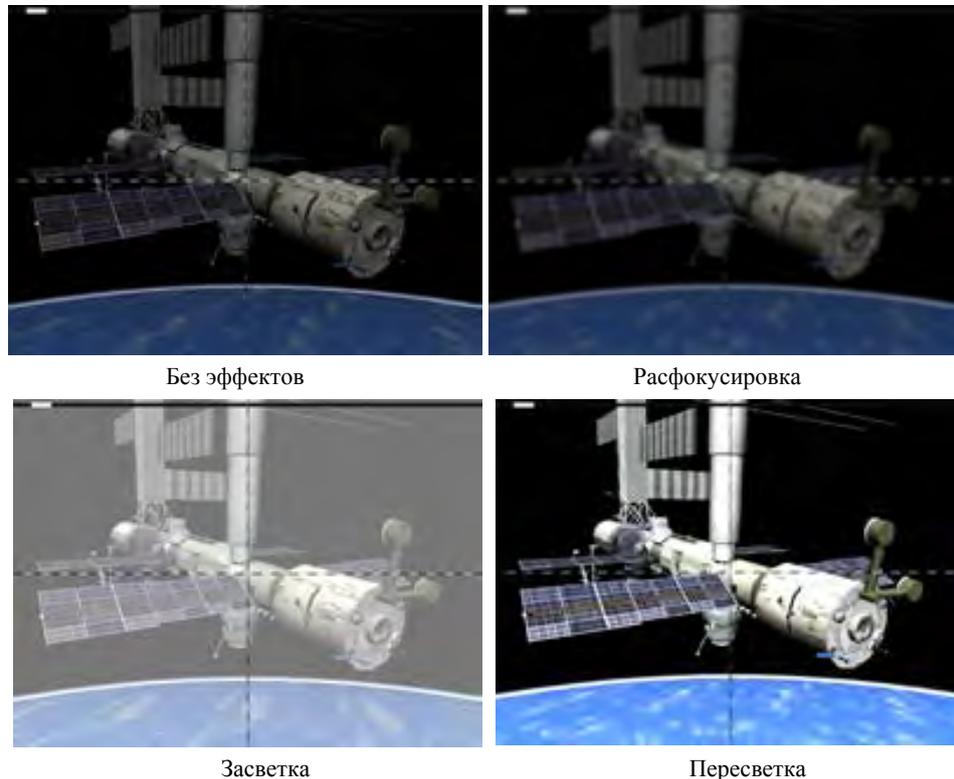


Рис. 5. Специальные эффекты

2.4. Дополнительные объекты визуализации. Еще одной важной особенностью системы визуализации «GLView» является синтез текста. Изначально данная возможность была реализована для имитации режимов «Символ» и «Символ-Ц» в космическом тренажере. Однако синтез текста может быть полезен

практически в любой области применения системы визуализации. Текст формируется с произвольным начертанием, задаваемым шрифтом, либо в векторном виде с помощью TTF файла (True Type Font), либо в растровом виде с помощью графического файла формата BMP.

Экран делится на необходимое число строк и столбцов, что определяет знакоместа последующего вывода символов. Параметры цвета, а также прозрачности синтезируемых символов регулируются с помощью скриптовых команд. Иллюстрация синтеза символов для имитации режима «Символ-Ц» для космического тренажера приведена на рис. 6.



Рис. 6. Синтез текста

Важной особенностью системы визуализации является реализация возможности определения объектов под указателем мыши. Такая функция системы очень полезна для организации наглядного трехмерного пользовательского интерфейса. Для любого объекта сцены может быть запрограммирована определенная реакция на наведение указателя мыши на этот объект. Например, он может подсвечиваться, поверх его изображения может выводиться сопровождающая текстовая информация. При нажатии на кнопки пультов управления могут выполняться произвольные действия, определенные сценарием, например, запуск анимационных треков, смена камер, включение определенных эффектов и так далее.

2.5. Визуализация поверхности Земли. Во многих космических тренажерах требуется представлять модель поверхности Земли, например, в качестве фона при выполнении стыковки, для отработки задач наблюдения, ориентации и поиска отдельных объектов или районов, для определения очагов пожаров и других экологических бедствий и т.д. Сложность решения этой задачи на персональном компьютере заключается в большом объеме необходимой текстурной карты земной поверхности, которая целиком не может быть загружена в видеокарту компьютера. Так, текстура земной поверхности с разрешением 150 метров на пиксел занимает более 20 гигабайт памяти, в то время как современные видеокарты предоставляют не более трех гигабайт. В системе «GLView» реализована высокореалистичная визуализация поверхности Земли (а также любых других планет) на

основе разбиения всей текстуры на небольшие куски («тайлы») и динамической подкачки необходимых видимых кусков в процессе визуализации (см. [6]). Кроме того, используется так называемый мипмэппинг, при котором наряду с исходной текстурой используются текстуры с меньшими уровнями детализации, что позволяет экономить видеопамять. При визуализации для каждого участка (в зависимости от его удаленности от наблюдателя) вычисляется необходимый уровень детализации и используются тайлы этого уровня.

Кроме поверхности Земли, реализован также динамический облачный покров, атмосфера, линия терминатора, восход и заход солнца, а также закатное и рассветное освещение МКС. Кроме того, реализован облет модели Земли по задаваемым параметрам витков. При этом используются быстрые параллельные шейдерные вычисления на современных многоядерных графических процессорах. Визуализация модели Земли, содержащей 150 тыс. полигонов с текстурой разрешением 150 метров на пиксел на видеокарте GeForce GTX 285 на экране с разрешением 1920 x 1080 пикселей, производится со скоростью 150 кадров в секунду (см. рис. 7).



Рис. 7. Визуализация земной поверхности

3. Анимация и управление

3.1. Анимация элементов сцены. Анимация объектов виртуальной сцены позволяет задать заранее известное движение объектов. Обычно это относится к неуправляемым объектам, т.е. к объектам, которые не управляются пользователем от клавиатуры, мыши или джойстика и не управляются по сети от моделирующего комплекса. Например, суточное вращение Земли вокруг своей оси, движение космических объектов по фиксированным траекториям, деформация объекта в случае столкновения и т.д. Однако можно анимировать не только положение и ориентацию объекта или его вершин, но также широкий класс других его параметров (нормали, цвет, текстурные координаты и т.д.), а также параметры камер (положение, направление, угол раствора) и источников освещения (положение, цвет и т.д.).

Базовой для анимации элементов трехмерных сцен является технология «ключевой» анимации. Суть ее состоит в том, что значения анимируемых параметров задаются в нескольких (ключевых) кадрах, значения же в промежуточных кадрах вычисляются с помощью интерполяции ключевых значений. Функция ин-

терполяцией может быть при этом произвольной, например, линейной, либо сплайновой. В системе «GLView» в рамках технологии ключевой анимации принято также понятие «контроллеров», позаимствованное из системы трехмерного моделирования 3D MAX – для каждого типа анимируемых параметров существует набор возможных типов контроллеров, которые и отвечают за получение значения в произвольном кадре на основе ключевых значений. Примерами контроллеров являются линейный, сплайновые по кривым Безье и по TCB сплайнам, а также более сложные (например, контроллер следования по пути [7]). Все контроллеры реализованы в полном соответствии с тем, как они работают в системе 3D MAX.

Кроме базовых контроллеров реализована также анимация объектов, моделирующая их сложную деформацию–морфинг объектов и скелетная анимация. Морфинг относится к поверхностным модификаторам и позволяет реализовать сложные деформации виртуальных объектов, моделирующие поведение реальных объектов. С помощью морфинга очень часто реализуется лицевая интерактивная анимация, моделирующая эмоции, мимику или речь виртуальных персонажей. Скелетная анимация также относится к модификаторам, работающим поверхностно. Ее идея состоит в задании для объекта каркаса или скелета, представляющего собой систему костей (Bones), чаще всего организованную иерархически. Сам же объект выступает в роли оболочки, «кожи» (Skin) поверх этого скелета. При анимации отдельных костей скелета оболочка повторяет эти движения в той части, где она лежит поверх данных костей, а в местах сочленений получается плавное сопряжение поверхностей. С помощью скелетной анимации можно реализовать движение робота (манипулятора), одетого в защитный костюм (см. рис. 8).

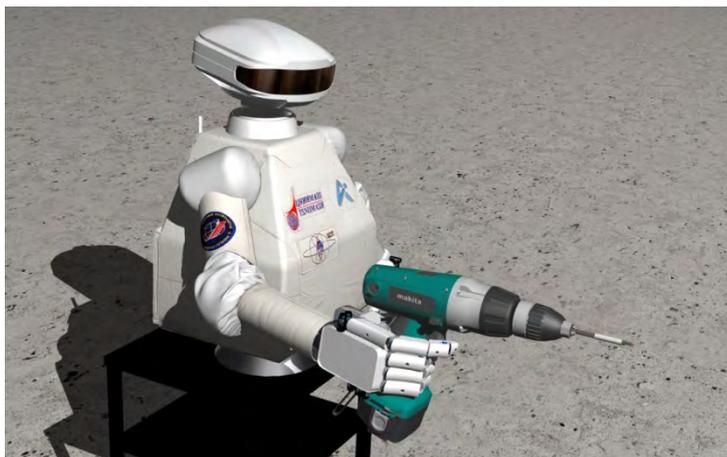


Рис. 8. Виртуальная модель робота «Андронавт SAR-400»

Дополнительно к возможностям анимации, задаваемым системой моделирования, система визуализации «GLView» предоставляет также дополнительные возможности по регулированию воспроизведения анимационных треков. Анимация отдельных параметров может быть запущена в необходимое время и с нужной скоростью, что позволяет реализовать сложный сценарий поведения сцены в моделируемой динамической обстановке.

3.2. Управление элементами сцены. Для управления элементами трехмерных сцен в системе визуализации «GLView» возможны два пути – автономное управление с помощью стандартных средств управления, включающих клавиатуру, мышь и джойстик, а также внешнее управление, поступающее от системы моделирования динамики либо по сети, либо через программный интерфейс с того же компьютера.

При автономном управлении объект управления выбирается в процессе работы системы с помощью специального диалога, либо с помощью скриптовой команды. Пользователю предоставляются возможности удобного управления перемещением объекта по трем осям и изменением его ориентации с помощью углов Эйлера. Чувствительность управления и набор управляющих кнопок можно настроить под конкретную задачу в файле конфигурации.

Управление от джойстика является полностью настраиваемым, причем задействуются как все аналоговые степени свободы манипулятора, так и его кнопки, с которыми могут быть ассоциированы произвольные команды управления. Допускается одновременное подключение нескольких джойстиков. В совокупности это позволяет реализовать любой желаемый интерфейс управления.

Управление объектами по сети является штатным режимом работы для распределенных имитационно-тренажерных комплексов [8]. В таких системах выделен отдельный моделирующий комплекс, который занимается расчетом динамики объектов сцены и анализом их столкновений. В реальном масштабе времени (т.е. для каждого кадра визуализации) он формирует координаты всех управляемых объектов сцены. Сформированные координаты передаются по сети в систему визуализации «GLView», которая производит синтез виртуальной сцены с новыми координатами и ориентациями объектов. Поскольку этот процесс производится с частотой не менее 25 кадров в секунду, то у пользователя создается ощущение непрерывного и гладкого движения виртуальных объектов в сцене. Передача данных по сети осуществляется на основе специального информационного протокола, регламентирующего формат передаваемых данных. Протокол разработан для удобного управления произвольными элементами сцены и реализован как оболочка над стандартным протоколом UDP, входящим в семейство TCP/IP.

Управление по сети используется также для реализации копирующего режима управления роботом с помощью экзоскелета. В этом случае углы поворота всех звеньев экзоскелета передаются в систему визуализации, которая производит поворот соответствующих звеньев модели робота на эти же углы и визуализирует эту модель вместе с окружающей обстановкой.

К числу важнейших составляющих в идеологии системы «GLView» относится работа со скриптовыми командами. Скриптовая команда представляет собой совокупность текстовой строки, задающей назначение и тип команды, а также связанных с ней данных произвольного формата и размера. Команды могут поступать как из текстовых конфигурационных файлов (скриптов), так и формироваться отдельными модулями для передачи ядру системы, либо другим модулям. Эта схема позволяет организовать эффективный обмен данными произвольного типа. Система визуализации в целом имеет широкий список поддерживаемых команд: системные команды, команды работы с материалами, команды управления узлами сцены, команды конфигурирования управления и т.д.

4. Архитектура системы визуализации «GLView»

В качестве базовой технологии для вывода трехмерной графики система использует графическую библиотеку OpenGL. Базовые возможности ориентированы на версию 1.1, расширенные возможности визуализации (реализация сложных материалов и дополнительных эффектов визуализации) требуют версии OpenGL 2.0 с поддержкой шейдеров. При этом эффективное использование системы возможно практически на любом аппаратном оборудовании с поддержкой трехмерной графики, при отсутствии поддержки отдельных специфических возможностей автоматически выбирается более простой уровень отображения, работоспособность и базовая функциональность программы сохраняются. При разработке и тестировании системы использовались видеокарты GeForce. Система визуализации имеет модульную структуру, что позволяет наращивать список ее возможностей в дальнейшем, а также реализовывать взаимодействие с новыми устройствами управления и вывода (например, с компьютерными перчатками и системами трекинга в применении к комплексам виртуальной реальности). Система визуализации имеет ядро, реализующее работу с графом сцены, который включает иерархическое дерево объектов, камер и источников сцены, материалы и т.д., а также набор отдельных модулей, связанных эффективными программными интерфейсами.

Система «GLView» независима от пользовательского интерфейса и реализована в нескольких версиях:

- EXE приложение, выполняющее функции просмотрщика трехмерных сцен, в котором интерфейс пользователя реализован как надстройка, использующая функции системы визуализации;

- DLL версия, которая интегрируется во внешнее приложение (например, приложение подготовки мультимедийных курсов [9]), взаимодействие с которым осуществляется по заданному программному интерфейсу;

- ActiveX DLL версия, которая интегрируется в любое приложение, поддерживающее модули ActiveX (например, Internet Explorer, Microsoft Word, PowerPoint и т.д.).

Такой подход позволяет путем минимальных усилий построить любой программный комплекс, использующий высококачественную визуализацию трехмерных сцен, с необходимым пользовательским интерфейсом.

Данная работа выполняется при поддержке РФФИ, грант № 13-07-00674.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мальцев А.В., Михайлюк М.В. Технология рельефного текстурирования в системах визуализации. Сборник докладов научной конференции, посвященной 45-летию выхода человека в космос. – М., 2006. – С. 59–75.
- [2] Михайлюк М.В., Торгашев М.А. Система «GLView» визуализации для моделирующих комплексов и систем виртуальной реальности // Вестник РАЕН. – 2011. – Т. 11, № 2. – С. 20–28.
- [3] Мальцев А.В., Михайлюк М.В. Моделирование отражений окружающей среды для виртуальных объектов в реальном режиме времени // Программные продукты и системы. – 2007. – № 3. – С. 31–35.
- [4] Михайлюк М.В., Брагин В.И. Технологии виртуальной реальности в имитационно-тренажерных комплексах подготовки космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(7). – 2013. – С. 82–93.

- [5] Михайлюк М.В., Торгашев М.А., Хураськин И.А. Система синхронизации синтеза и отображения виртуальных трехмерных сцен для распределенных имитационно-тренажерных комплексов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2003. – № 4. – С. 48–55.
- [6] Михайлюк М.В., Тимохин П.Ю. Использование сверхбольших текстур для высокореалистичной визуализации виртуальных ландшафтов в реальном времени // Информационные технологии и вычислительные системы. – № 3. – 2013. – С. 46–54.
- [7] Никифоров В.М., Торгашев М.А. Реализация контроллера следования по пути из системы 3D Studio Max // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2007. – № 1. – С. 20–29.
- [8] Михайлюк М.В., Торгашев М.А., Хураськин И.А. Использование трехмерной визуализации в тренажерных системах управления роботами и манипуляторами // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2006. – Т. 4. – № 1–3. – С. 156–163.
- [9] Решетников В.Н., Торгашев М.А., Хураськин И.А. Система создания и просмотра мультимедийных инструкций // Программные продукты и системы. – 2007. – № 3. – С. 35–37.

УДК 61:629.78

**СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ
ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ КОСМОНАВТОВ
(ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)
В.И. Почуев, В.В. Богомолов, В.В. Моргун, Р.Р. Каспранский, С.Н. Савин**

Канд. мед. наук, старший научный сотрудник В.И. Почуев; канд. мед. наук Р.Р. Каспранский; С.Н. Савин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») Докт. мед. наук, профессор В.В. Богомолов (ГНЦ РФ–ИМБП РАН) Акад. Международной академии астронавтики В.В. Моргун (ФГУП «ЦЭНКИ», Роскосмос)

В статье рассматривается система послеполетной реабилитации космонавтов, приводится классификация стадий реадaptации и этапов послеполетной реабилитации космонавтов. Описывается содержание мероприятий послеполетной реабилитации космонавтов и их место в послеполетной деятельности космонавтов, база и средства послеполетной реабилитации, требования по созданию комплекса медицинской реабилитации космонавтов.

Ключевые слова: реадaptация, реабилитация, послеполетная деятельность

**The State and Progress of Post-Flight Rehabilitation of Cosmonauts
(Organizational and Program-Methodical Aspects). V.I. Pochuev,
V.V. Bogomolov, V.V. Morgun, R.R. Kaspransky, S.N. Savin**

The paper considers the system of post-flight rehabilitation of cosmonauts and presents the classification of stages of their readaptation and rehabilitation on returning on the Earth. Also, it describes the content of post-flight rehabilitation events and their place in post-flight activity of cosmonauts, the base and facilities of post-flight rehabilitation, requirements for creating the medical rehabilitation complex.

Keywords: readaptation, rehabilitation, post-flight activity

Работа космонавтов на орбите относится к чрезвычайно сложным видам деятельности, сопряженной со значительными эмоциональными, интеллектуальными и физическими нагрузками на фоне постоянного воздействия на организм специфических факторов космического полета, таких как невесомость, перегрузки, радиационные воздействия, условия замкнутой среды обитания. Важным сопутствующим элементом пилотируемого полета является автономность работы экипажа, относительная его изоляция, оторванность космонавтов от семей. Сложные полетные программы, включая полетные операции, внекорабельная деятельность, а нередко и проведение больших ремонтно-восстановительных работ, вынужденные сдвиги зоны сна и бодрствования предъявляют большие требования по сохранению необходимых для выполнения полетной программы резервных возможностей организма.

Проведение мероприятий послеполетной медицинской реабилитации в отечественной космонавтике во многом способствовало профессиональному долголетию космонавтов и возможности совершать повторные кратковременные и длительные полеты [2].

Реабилитацию часто путают с реадaptацией. В космической биологии и медицине реадaptация – это процесс восстановления устойчивости организма к воздействию земной силы тяжести после адаптации к условиям невесомости. Реабилитация – это лечебно-восстановительные мероприятия по окончании полета.

Период реадaptации организма к обычным условиям земного существования после продолжительного космического полета характеризуется перестройкой функций организма, что нередко связано с напряжением регуляторных систем. Характер и степень реадaptационных проявлений, равно как и скорость восстановления функциональных возможностей организма после космического полета, во многом индивидуальны и зависят от комплекса факторов: особенностей программы космического полета, полноты выполнения мероприятий медицинской профилактики в ходе полета, особенностей приземления, исходных (предполетных) функциональных особенностей и др. [2].

Тем не менее, хорошо известны и общие закономерности реадaptационных сдвигов в организме космонавтов после продолжительных космических полетов, которые в основном сводятся к снижению толерантности организма к физическим нагрузкам и ортостатическим воздействиям по сравнению с предполетным периодом, комплексу сенсорных нарушений, функциональным нарушениям со стороны двигательной системы, характерным сдвигам водно-солевого обмена, минерального баланса и метаболизма в целом, характерным отклонениям в состоянии неврологической сферы и психологического состояния [1, 2, 6].

Для послеполетной реабилитации космонавтов принципиальное значение имеют временные параметры течения реадaptационных процессов, так как это является основой для планирования реабилитационных мероприятий.

В теоретическом плане выделяются 3 стадии реадaptации [9, 10]:

– первая стадия – первичные реакции, характеризующиеся развитием неспецифического стресс-синдрома на воздействие земных условий после длительного пребывания в условиях невесомости (кажущееся увеличение массы предметов, слабо выраженные боли в мышцах нижних конечностей и спины, головокружение и вестибулярный дискомфорт, нарушение координации движений, регуляции вертикальной позы и локомоций, нарушение водно-солевого обмена с отрицательным балансом кальция и калия, явления ортостатической и физической детренированности);

– вторая стадия, характеризующаяся формированием разветвленного структурного системного следа вследствие увеличения нагрузки на ряд функциональных систем, имеющая две фазы:

а) основная фаза реадaptации (возникшие ощущения и сдвиги и неспецифический стресс-синдром постепенно сглаживаются и происходит приспособление к земной силе тяжести);

б) фаза завершения реадaptации (формирование долговременных приспособительных реакций организма к земной силе тяжести, волнообразность изменений), характерной для предыдущей фазы, сменяется обычным земным стереотипом регулирования;

– третья стадия – стабилизации реакций организма, характеризующаяся устойчивой долговременной адаптацией и нормальным уровнем функционирования всех систем организма.

Для практических целей специалистами, занимающимися послеполетной реабилитацией, была выработана классификация, которая предусматривает четыре стадии реадaptации:

– первая – острая стадия, в которой нарушения имеют выраженный характер, проявляются даже в условиях покоя и могут привести к развитию критических состояний;

- вторая – подострая стадия, когда нарушения проявляются при незначительных нервно-психических, ортостатических и функциональных нагрузках;
- третья стадия – восстановления, к концу которой происходит восстановление реакций основных функциональных систем организма на нагрузочные пробы;
- четвертая – стадия восстановления до исходного уровня состояния организма.

Опыт проведения послеполетной реабилитации позволил примерно определить сроки различных стадий реадaptации. Продолжительность первой стадии составляла до 5 дней, второй стадии до 14 дней, третьей до 60 суток и четвертой – до 6 месяцев после полета.

Данная классификация стадий реадaptации оказалась удобной для определения тактики проведения реабилитационных мероприятий, касающейся сроков использования профилактических средств детренированности сердечно-сосудистой системы (противоперегрузочных средств) и расширения двигательной активности (щадящий, щадяще-тренирующий, тренирующий режимы двигательной активности).

В каждом случае тактика проведения послеполетной реабилитации является индивидуальной, исходя из состояния космонавта и стратегии (методологии) реабилитационных мероприятий после завершения длительных космических полетов, которая сводится к максимальному ограничению гравитационной и двигательной нагрузки непосредственно после посадки с последующим постепенным индивидуально дозируемым наращиванием гравитационных возмущений по длинной оси тела и увеличением двигательной активности [7].

Исторически послеполетная реабилитация проводится в два этапа.

На первом этапе (первые 3 недели после полета) реабилитационные мероприятия проводятся в ЦПК имени Ю.А. Гагарина. Второй этап проводится в условиях санатория.

Такая схема действует, начиная с реабилитации экипажа 3-й основной экспедиции на станции «Мир», когда были внесены изменения в организацию послеполетной реабилитации космонавтов. До этого времени космонавты после приземления доставлялись на промежуточную базу (Байконур), где проходили послеполетную реабилитацию в течение двух недель, и только после этого возвращались в ЦПК имени Ю.А. Гагарина [5].

Целью мероприятий послеполетной реабилитации на ранних этапах реадaptации организма (в первые часы и дни после космического полета) является обеспечение максимально щадящих условий перехода к условиям обычной земной жизнедеятельности. При этом основное внимание уделяется пассивным методам реабилитационных мероприятий (ограничительный режим, массаж, бальнеопроцедуры, медикаментозная терапия по показаниям). В дальнейшем, с 3–5 дня реадaptации, при отсутствии медицинских противопоказаний, постепенно расширяется арсенал физических мер восстановления (ходьба, лечебная физкультура в зале, на воздухе, в бассейне в сочетании с массажем, тепловыми процедурами и др.), начиная с щадяще-тренирующего, а затем все больше переходя к тренирующим режимам восстановительных мероприятий. В этот же период экипажи достаточно много работают со специалистами.

Первый этап реабилитационных мероприятий после многомесячных космических полетов завершается к 20–21 дню после приземления. К этому периоду, как правило, купируются основные послеполетные синдромы, такие как ортостатическая неустойчивость, характерные метаболические и гематологические сдвиги.

ги, значительно повышается физическая тренированность. Вместе с тем, сохраняются остаточные явления послеполетной астенизации, снижение скоростно-силовых качеств отдельных групп мышц, неполное восстановление минеральной плотности костной ткани в отдельных сегментах, остаточные явления метаболических отклонений от предполетного уровня [5, 17].

Завершение мероприятий медицинской реабилитации проводится на втором этапе в санаторно-курортных условиях в течение 30–40 дней, где широко используются физические, климатические, бальнео- и физиотерапевтические методы восстановления, мероприятия психологической реабилитации [2, 3, 4, 11].

К концу этого этапа большинство исследуемых показателей здоровья возвращаются к дополетному уровню, хотя некоторые показатели, характеризующие состояние двигательной сферы, в целом восстанавливаются лишь к 4–6 месяцу после длительного космического полета. Однако для адекватного восстановления костной массы до предполетного уровня по данным Оганова В.С., Богомолова В.В. [15] требуется 2,5–3 года.

В классической системе реабилитации после санатория проводится также реабилитация на амбулаторном этапе [14]. Сейчас с созданием единого отряда космонавтов появилась возможность внедрения данного этапа в практику послеполетной реабилитации. Он предполагает поддержание и повышение уровня физической подготовленности, достигнутой на санаторном этапе до момента включения в следующую программу, то есть на четвертом этапе реадaptации (3–6-й месяц реадaptационного периода), во время которого мероприятия послеполетной реабилитации ранее не планировались. Для этого должны быть обоснованы программа и методики проведения реабилитационных мероприятий, предусматривающие максимально полное восстановление всех функций организма космонавтов, так как после этого космонавты включаются в состав экипажей.

Медицинская реабилитация является составной частью послеполетной деятельности экипажей, которая включает следующие, по приоритетности, основные направления:

- непрерывный контроль за состоянием здоровья и его оценка;
- реабилитационные мероприятия;
- выполнение послеполетных медицинских исследований по научной программе;
- занятия экипажа со специалистами.

Общие затраты времени (исходя из программы проведения первого этапа реабилитации в течение 21 дня) по основным направлениям включают:

- оценку состояния здоровья – 25–30 часов;
- реабилитационные мероприятия – 50–60 часов;
- выполнение научной программы (в зависимости от программы полета);
- проведение занятий экипажа со специалистами – 30–36 часов.

Содержание и объем мероприятий по оценке состояния здоровья определяются Положением о медицинском освидетельствовании и контроле за состоянием здоровья кандидатов в космонавты, космонавтов и инструкторов-космонавтов. По медицинским показаниям могут быть проведены дополнительные исследования. Вся медицинская информация по оценке состояния здоровья космонавтов в послеполетном периоде заносится в карту клинико-физиологического обследования и является конфиденциальной.

Медицинские мероприятия по оценке состояния здоровья космонавтов в послеполетном периоде являются, с одной стороны, основой для планирования реа-

билитационных мероприятий, а с другой – средством оценки и контроля их эффективности. На основании анализа результатов этих мероприятий составляется индивидуальное расписание диагностических, реабилитационных и других мероприятий на последующий день.

Характер, интенсивность и последовательность реабилитационных мероприятий планируется для каждого члена экипажа в отдельности, исходя из текущей оценки состояния здоровья специалистами группы реабилитации.

Перечень и программа научных медицинских исследований для каждого полета разрабатывается отдельно. В программе послеполетной реабилитации членов экипажа планируются сутки и продолжительность их проведения.

Занятия экипажа со специалистами планируются с 5–7 дня реадaptации в зависимости от состояния здоровья членов экипажа.

При проведении мероприятий послеполетной деятельности экипажа важно учитывать следующие организационные положения:

- приоритет мероприятий по обеспечению здоровья и безопасности экипажей;
- гибкость реализации послеполетного план-графика в зависимости от состояния здоровья космонавтов;
- ежедневная оценка состояния здоровья экипажа и на этой основе планирование работы на следующий день;
- ежедневное проведение реабилитационных мероприятий в объеме не менее двух-трех часов;
- регламентированный распорядок дня при ограничении рабочей зоны экипажа до 5–6 часов в сутки;
- предоставление в первую неделю реадaptации послеобеденного отдыха не менее одного часа;
- выделение выходных дней на вторые и шестые сутки реадaptации, и в последующем по медицинским показаниям;
- ограничение времени на одно исследование до одного часа и проведение реабилитационных мероприятий в перерывах между нагрузочными тестами (отдых, прогулка).

При послеполетной реабилитации реализуются три вида мероприятий: медицинская, физическая и психологическая реабилитации.

Медицинская реабилитация включает следующие мероприятия: водные и тепловые процедуры, диетотерапия, витаминотерапия, медикаментозная терапия.

Для медицинской реабилитации используются средства физиотерапии, средства бальнеотерапии, средства фитотерапии. К средствам физиотерапии относятся миоэлектростимуляторы для сокращения мышц без выполнения физических упражнений, средства аппаратного массажа (механический, подводный). К средствам бальнеотерапии относятся различного рода ванны, в частности, активно используются ванны, основанные на отварах лекарственных трав. Фитотерапия также основана на применении лекарственных сборов для коррекции состояния космонавтов в послеполетном периоде.

Физическая реабилитация включает оптимизацию режима двигательной активности, дозированную ходьбу, специальный комплекс упражнений, плавание и гимнастику в бассейне, лечебно-восстановительный массаж мышц.

При физической реабилитации используют бассейн, сауну, плоскостные сооружения, спортивные тренажеры.

Психологическая реабилитация включает динамический психологический контроль и оценку психического состояния с выявлением потребностно-мотивационного и психоэмоционального компонента психического состояния, информационное обеспечение и психологическую поддержку космонавтов с целью включения в сферу профессиональных интересов и скорейшего восстановления социального статуса, контроль коммуникативных процессов, общение с семьей, друзьями – как основного источника восстановления и поддержания эмоционального тонуса. Психологическая реабилитация в настоящее время не использует какие-либо информационно-технические средства.

Базы послеполетной реабилитации по прямому назначению в НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина до настоящего момента не было.

В качестве базы реабилитации использовались:

- профилакторий;
- медицинская база медицинского управления;
- база физической подготовки (спортивная база) медицинского управления.

В профилактории для проведения послеполетной реабилитации имеются номера со всеми удобствами для проживания космонавтов на первом этапе реабилитации, однако они не соответствуют требованиям к помещениям лечебно-оздоровительного типа. Здание профилактория находится на жилой территории, а вся инфраструктура для реабилитации космонавтов расположена на служебной территории НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина. Постоянные перемещения космонавтов из здания профилактория к диагностической и реабилитационной базе создает дополнительные нагрузки на организм космонавтов.

Медицинская база, содержащая клинично-лабораторную, функционально-диагностическую базу, используется для проведения послеполетных обследований и научных исследований.

База физической подготовки, имеющая тренажерный зал, бассейн, кабинеты физиотерапии, бальнеотерапии и массажа, используется для проведения физической реабилитации.

В интересах развития системы послеполетной реабилитации космонавтов целесообразно создать комплекс медицинской реабилитации космонавтов, в распоряжении которого была бы реабилитационная база и коллектив специалистов в области восстановительной медицины.

К задачам комплекса следует отнести:

- проведение послеполетных мероприятий экипажей космонавтов в условиях ограничительного противозидемического режима (обсервации);
- проведение мероприятий стационарной реабилитации космонавтов (послеполетной, посттравматической, после различных заболеваний и т.д.);
- осуществление отдельных видов профилактического лечебно-восстановительного отдыха космонавтов, требующего постоянного медицинского контроля;
- стационарирование космонавтов (особенно иногородних) на период подготовки их к плановым медицинским обследованиям.

К комплексу медицинской реабилитации космонавтов предъявляется ряд требований. База комплекса должна располагаться в отдельном здании или в здании медицинского управления с отдельным входом. При создании комплекса необходимо выделить следующие функциональные блоки:

- территорию, прилегающую к зданию, благоустроенную, изолированную ограждением, достаточную для проведения оздоровительных и лечебно-физкультурных мероприятий;

– жилой блок, компактно расположенный на первом этаже здания, содержащий легко контролируемые, комфортабельные (не ниже трехзвездочной отельной классификации) жилые номера, включающие спальню, гостиную, прихожую и санитарный узел с ванной или душевой установкой;

– медицинский блок, включающий врачебно-диагностические кабинеты и иные помещения медицинского назначения, используемые как в интересах лаборатории медицинской реабилитации космонавтов, так и в интересах других отделов медицинского управления;

– спортивный блок, включающий компактно расположенные, рассчитанные на незначительную одновременную загрузку, функционально связанные помещения – спортивный тренажерный зал со специальным набором тренажеров (реабилитационно-оздоровительной направленности), сауна с моечной и раздевалкой, примыкающая к сауне достаточная по площади комната отдыха и психологической релаксации для работы специалистов-психологов, а также массажный кабинет;

– пищеблок буфетного типа, предназначенный для кратковременного хранения готовой пищи (приготовленной в базовой летной столовой), ее подогревания, раздачи и приема, и включающий в себя отдельные помещения кухни и обеденного зала;

– административно-методический блок, включающий рабочие кабинеты должностных лиц лаборатории (начальника лаборатории и врачей-специалистов);

– универсальный кинозал на 50–60 человек со стеклянным экраном для встреч с космонавтами;

– переговорную комнату на 10–15 человек со стеклянным экраном для работы и встреч специалистов и гостей с космонавтами.

Штатно комплекс медицинской реабилитации космонавтов должен создаваться на базе клинического отдела медицинского управления и возглавляться сертифицированным врачом – специалистом в области восстановительной медицины. Штатный состав должен определяться по мере формирования аппаратного комплекса лаборатории.

Предполагается, что с учетом разработки перспективных пилотируемых космических аппаратов создаваемый реабилитационный комплекс позволит проводить послеполетную реабилитацию не трем, а шести членам экипажа. Создание полноценной реабилитационной базы в ЦПК имени Ю.А. Гагарина не противоречит концепции комплекса подготовки и реабилитации космонавтов перспективной пилотируемой транспортной системы, которая также предполагает эвакуацию космонавтов после посадки в ЦПК имени Ю.А. Гагарина,

Оснащение комплекса современным диагностическим оборудованием позволит повысить качество оценки состояния здоровья космонавтов и достоверность выдаваемых прогнозов. Кроме этого, в качестве средств физической реабилитации могут использоваться силовые пневматические тренажеры, которые позволяют создавать строго дозированные физические нагрузки, что немаловажно для тренировок на фоне послеполетной детренированности мышечной системы. Эффект комплексного воздействия на организм космонавта можно получить при использовании СПА-капсулы, которая представляет собой аппаратную конструкцию, имеющую комплекс функций, среди которых главными являются хромотерапия (лечение светом), сухое тепло, аромаингаляция, гидромассаж, музыкотерапия, воздушный массаж, вибрационный массаж, термотерапия и некоторые другие. В перспективе целесообразно использовать современные средства психоло-

гической реабилитации, например, комнаты психологической разгрузки (сенсорные комнаты), которые предназначены для организации направленного воздействия на физиологические функции человека с целью оптимизации и коррекции психического состояния, в частности, для релаксации и тонизирования, и имеют необходимую аппаратуру для создания этих эффектов.

При внедрении высокотехнологических средств, используемых в клинической практике, необходимо помнить, что существующие мероприятия послеполюетной реабилитации космонавтов предназначались для практически здоровых космонавтов, состояние которых после полета обуславливалось в основном функциональными изменениями, которые можно было трактовать как клиническую патологию только вне связи с космическим полетом. В силу этого, естественные методы реабилитации, такие как ходьба, плавание в бассейне, физические упражнения без отягощений, ручной массаж всегда получали более высокие оценки у космонавтов, чем аппаратные средства. Возможно, в этом и состоит уникальность и секрет долголетия созданной системы послеполюетной реабилитации. Новые методы должны органично вписываться в эту систему с учетом мнения космонавтов.

В заключение необходимо отметить, что, в целом, существующая система послеполюетной реабилитации космонавтов позволяет решать текущие и с некоторыми ограничениями перспективные задачи. Развитие комплекса послеполюетной реабилитации должно проводиться по пути специализации и расширения базы и средств, используемых для реабилитации космонавтов, с решением организационно-штатных вопросов. Важное значение принадлежит научному обоснованию и экспериментальной проверке новых методов и средств медицинской реабилитации. Изученная нами литература по послеполюетной медицинской реабилитации космонавтов показала, что эффективность реабилитационных мероприятий в научном плане фактически не исследовалась, имеющиеся данные по эффективности касались лишь модельных исследований [8, 12, 13, 16]. В связи с этим, научные исследования по оценке и повышению эффективности мероприятий послеполюетной реабилитации космонавтов должны явиться основным вектором развития системы послеполюетной реабилитации космонавтов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богомолов В.В., Моргун В.В. Результаты медицинского наблюдения за состоянием космонавтов в период реадaptации после космических полетов / В кн.: Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина. – М.: ГНЦ РФ ИМБП РАН, 2001. – Т. 1. – С. 552–563.
- [2] Богомолов В.В., Васильева Т.Д. Реабилитация космонавтов после полета. В кн.: Здоровье, работоспособность, безопасность космических экипажей. – М.: Наука, 2001. – 501 с.
- [3] Богомолов В.В., Потапов М.Г., Спичков А.Н. Санаторно-курортный период реабилитации космонавтов после длительных полетов на МКС / В кн.: Международная космическая станция. Российский сегмент. Космическая биология и медицина. – М.: ГНЦ РФ–ИМБП РАН, 2011.– Т. 1. – С. 214–218.
- [4] Богомолов В.В., Ткаченко В.А. Восстановительные мероприятия после длительных полетов на санаторном этапе в условиях курорта г. Кисловодска // Тезисы докладов VIII Всесоюзной конференции. – М., Калуга, 1986. – С. 22–23.
- [5] Васильева Т.Д., Береговкин А.В., Богомолов В.В., Сырых Г.Д., Стажадзе Л.Л., Калининко В.В. Восстановительно-лечебные мероприятия после длительных космических полетов // Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по космической биологии и авиакосмической медицине. – М., Калуга, 1983. – С. 38–39.

- [6] Воробьев Е.И., Егоров А.Д., Какурин Л.И., Нефедов Ю.Г. Медицинское обеспечение и основные результаты обследования экипажа космического корабля «Союз-9» // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1970. – № 6. – С. 26–31.
- [7] Воронин Л.И., Моргун В.В., Почуев В.И., Каспранский Р.Р., Богомолов В.В. Актуальные проблемы реабилитации космонавтов // Тезисы докладов четвертой международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, 2000. – С. 277–279.
- [8] Голиков А.П., Воронина С.Г., Богомолов В.В., Абдрахманов В.Р. Реабилитационные мероприятия в реабилитационном периоде после длительной гипокинезии // Реабилитация больных ишемической болезнью. – Труды 4 Главного управления при МЗ СССР. – М., 1980. – С. 19–21.
- [9] Григорьев А.И., Егоров А.Д. Феноменология и механизмы изменения основных функций организма человека в невесомости // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1988. – № 6. – С. 4–17.
- [10] Гуровский Н.Н., Егоров А.Д. Некоторые проблемы космической медицины // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1976. – № 6. – С. 3–13.
- [11] Конев Ю.В., Сериков Н.Е. Физическая тренировка в комплексе лечебно-восстановительных мероприятий на санаторном этапе медицинской реабилитации космонавтов // Тезисы докладов IX Всесоюзной конференции. – М., Калуга, 1990. – С. 99–101.
- [12] Крупина Т.Н., Береговкин А.В., Боголюбов В.М., Федоров Б.М. Комплексные восстановительно-лечебные мероприятия в космической медицине // Советская медицина. – 1981. – № 12. – С. 3–8.
- [13] Крупина Т.Н., Федоров Б.М., Олефиренко В.Т., Лебедева И.П., Воронина С.Г., Тизул А.Я., Мацнев Э.И., Цыганова Н.И. Основные проблемы реабилитации в космической медицине // Тезисы докладов VI Всесоюзной конференции по космической биологии и авиакосмической медицине. – М., Калуга, 1979. – С. 91–92.
- [14] Медицинская реабилитация в Вооруженных силах Российской Федерации / Методическое пособие для врачей в 3-х частях. – ГВМУ МО РФ, 2004.
- [15] Оганов В.С., Богомолов В.В. Костная система человека в условиях невесомости. Обзор результатов исследований, гипотезы и возможность прогноза состояния в длительных (межпланетных) экспедициях // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2009. – № 1. – С. 3–12.
- [16] Олефиренко В.Т., Федоров Б.М., Крупина Т.Н., Ткачев В.В., Лебедева И.П., Карева Т.А., Реушкина Г.Д. Физиологическое обоснование и принцип построения реабилитационных мероприятий в космической медицине // Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по космической биологии и авиакосмической медицине. – М., Калуга, 1983. – С. 33–34.
- [17] Спичков А.Н. Медицинская реабилитация космонавтов после длительных космических полетов / В кн.: Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина. – М.: ГНЦ РФ–ИМБП РАН, 2001. – Т. 1. – С. 635–639.

УДК 629.7.072

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ
СПЕЦИАЛЬНОЙ ЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ**С.К. Крикалёв, В.И. Токарев, Б.И. Крючков, В.Г. Сорокин, М.Р. Халиков,
И.Г. Сохин, С.Н. Рыжиков

Герой Советского Союза, Герой Российской Федерации, летчик-космонавт СССР, канд. психологических наук С.К. Крикалёв; Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ В.И. Токарев; докт. техн. наук Б.И. Крючков; канд. военных наук, доцент В.Г. Сорокин; М.Р. Халиков; канд. техн. наук, доцент И.Г. Сохин; С.Н. Рыжиков (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье определяются новые подходы к организации специальной летной подготовки, а также научные задачи, которые должны быть решены для формирования и оценивания профессионально важных качеств космонавтов.

Ключевые слова: специальная летная подготовка, профессионально важные качества, показатели, критерии, космонавты.

**New Approaches to Organization of Special Flying Training
of Cosmonaut. S.K. Krikalev, V.I. Tokarev, B.I. Kryuchkov, V.G. Sorokin,
M.P. Khalikov, I.G. Sokhin, S.N. Ryzhikov**

The paper defines new approaches to organization of special flying training as well as scientific tasks that must be tackled for purposes of the formation and evaluation of professionally significant qualities of cosmonauts.

Keywords: special flying training, professionally significant qualities, parameters, criteria, cosmonauts.

Специальная летная подготовка космонавтов (СЛПК) создана с началом подготовки к полетам в космос. В СССР и РФ летная подготовка космонавтов выполнялась на самолетах МиГ-15, МиГ-17, МиГ-21, Л-29, Л-39 и вертолетах Ми-8. Однако адаптирована она была на космонавтов, имевших летное образование на самолетах или вертолетах.

Новые условия, которые обусловлены введением открытых конкурсных отборов космонавтов в РФ, приводят, с большой вероятностью, к зачислению в отряд космонавтов претендентов, не имеющих какого-либо опыта летной работы (в наборе 2012 года их число составило 88 %).

Вместе с тем, специальная летная подготовка космонавтов – основное средство достижения ими необходимых профессиональных летных качеств (ПЛК), обеспечивающих надежную и безопасную деятельность в будущих космических полетах.

Специальная летная подготовка космонавтов – один из видов подготовки космонавтов с использованием авиационной техники, обеспечивающий формирование и поддержание у них необходимых профессиональных качеств, не достигаемых на наземных тренажерах.

Профессиональные летные качества – профессиональный потенциал для формирования знаний, умений, навыков; знания, умения и навыки – необходимое условие и ресурс для формирования компетентности.

Компетентность – это актуализированная интегральная характеристика подготовленности космонавта (экипажа ПКА, МКС) к деятельности в конкретных условиях космического полета.

За счет формирования ПЛК у космонавтов формируется индивидуальная и групповая компетентность.

Индивидуальная компетентность обусловлена предъявлением системных требований к отдельному космонавту.

Групповая компетентность обусловлена предъявлением системных требований ко всем членам группы (экипажу ПКА, МКС).

При групповой деятельности возникает понятие интеграции компетентности членов группы. Интегральная компетентность группы в случае, когда требуются координированные действия всей группы, не равна сумме компетентностей ее членов. При идеальном взаимодействии индивидуальные компетентности членов группы будут складываться, при этом возможен синергетический эффект, когда интегральная компетентность группы больше суммы индивидуальных компетентностей ее членов. При этом понятия их компетентности и *профессиональной подготовленности* отождествляются.

Вместе с тем, согласно Руководству по подготовке космонавтов, *профессиональная подготовленность космонавта* – это свойство космонавта, определяемое совокупностью его знаний, навыков, умений, а также состоянием психических и психофизиологических функций, которые обуславливают его способность осуществлять космический полет с требуемым качеством.

Таким образом, в конечном счете от уровня формирования ПЛК космонавтов зависит качество осуществления космического полета.

Перечень ПЛК космонавтов, формируемых в процессе СЛПК, показан в табл. 1.

Таблица 1

Перечень профессиональных летных качеств космонавтов

№ п/п	Профессиональные летные качества космонавтов
1	Распределение внимания
2	Ручное управление движением ЛА с перекрестными связями по каналам
3	Выполнение совмещенной деятельности
4	Радиоосмотрительность
5	Адекватность пространственно-временного образа полета решаемым задачам
6	Оперативное принятие управленческих решений
7	Ориентирование на местности
8	Работа в команде
9	Психофизиологическая устойчивость

Распределение внимания – это способность концентрировать и рационально распределять внимание в космическом полете при выполнении сложных, многофункциональных, программных, разносторонних действий, при выполнении экстренных действий в экстремальной и стрессовой ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта, при выполнении действий в условиях быстроменяющегося положения в пространстве и при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам.

Ручное управление движением ЛА с перекрестными связями по каналам – способность управлять движением объекта с шестью степенями свободы в космическом полете при выполнении сложных элементов с визуальным и приборным контролем пространственного положения, при выполнении действий в условиях дефицита времени в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта в условиях скоротечно меняющейся обстановки при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, при сближении и расхождении космических кораблей на фоне эмоционального напряжения с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Выполнение совмещенной деятельности – способность одновременного выполнения нескольких разнородных видов деятельности в космическом полете в комплексе со сложными элементами, с визуальным и приборным контролем пространственного положения, при дефиците времени в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта со сложными многофункциональными программными действиями в усложненных условиях быстроменяющегося положения в пространстве и при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, по сближению и расхождению космических кораблей на фоне эмоционального напряжения с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Радиоосмотрительность – способность определения положения в космическом полете относительно других объектов в пространстве при выполнении сложных разносторонних многофункциональных действий в условиях дефицита времени, при выполнении экстренных действий в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта, при выполнении программных действий в усложненных условиях и в стрессовых ситуациях, при выполнении действий в условиях быстроменяющегося положения в пространстве при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, при сближении и расхождении космических кораблей на фоне эмоционального напряжения с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Адекватность пространственно-временного образа полета решаемым задачам – способность воспроизводить объемный образ космического полета с достаточной степенью детализации при выполнении сложных разносторонних многофункциональных действий, при выполнении программных действий в усложненных условиях и в стрессовых ситуациях при дефиците времени, при выполнении экстренных действий в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта в условиях быстроменяющегося положения в пространстве при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, при сближении и расхождении космических кораблей на фоне эмоционального напряжения с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Оперативное принятие управленческих решений – способность своевременного принятия правильного решения в условиях сложной операторской деятельности в космическом полете при выполнении сложных разносторонних многофункциональных программных действий при дефиците времени и в стрессовых ситуациях, при выполнении экстренных действий в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта в условиях быстроменяющегося положения в пространстве и при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, при сближении и расхождении космических кораблей на фоне эмоционального напряжения с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Ориентирование на местности – способность непрерывного определения своего местоположения в космическом полете при выполнении сложных разносторонних многофункциональных программных действий при дефиците времени, при выполнении экстренных действий в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта в усложненных условиях при дефиците времени в экстремальных ситуациях в условиях быстроменяющегося положения в пространстве при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, при сближении и расхождении космических кораблей на фоне эмоционального напряжения и в стрессовых ситуациях с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей в условиях дефицита времени.

Работа в команде – способность взаимодействия с участниками космического полета при выполнении сложных разносторонних многофункциональных программных действий при дефиците времени, при выполнении экстренных действий в усложненных условиях и в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта в условиях быстроменяющегося положения в пространстве при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, при сближении и расхождении космических кораблей на фоне эмоционального напряжения и в стрессовых ситуациях с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей в условиях дефицита времени.

Психофизиологическая устойчивость – способность сохранять самообладание и работоспособность в условиях воздействия факторов космического полета при выполнении сложных разносторонних многофункциональных программных действий при дефиците времени и в стрессовых ситуациях, при выполнении экстренных действий в экстремальных ситуациях, при маневрировании вблизи «постороннего» объекта в условиях быстроменяющегося положения в пространстве при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам, при сближении и расхождении космических кораблей на фоне эмоционального напряжения с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Специальная летная подготовка космонавтов проводится на двух этапах.

На первом этапе (общекосмическая подготовка (ОКП)) проводится *первоначальная летная подготовка* (ПЛП) по разделам 1 и 2.

Раздел 1: «Первоначальная летная подготовка на этапе ОКП космонавтов, имеющих летное образование».

Раздел 2: «Первоначальная летная подготовка на этапе ОКП космонавтов, не имеющих летного образования».

На втором этапе (подготовка космонавтов в группах специализации и совершенствования) проводится *летная подготовка* (ЛП) по разделам 3 и 4.

Раздел 3: «Летная подготовка при подготовке в группе космонавтов, имеющих летное образование».

Раздел 4: «Летная подготовка при подготовке в группе космонавтов, не имеющих летного образования».

Оптимальная структура СЛПК, применительно к новым подходам к организации СЛПК, пока не создана. Не определена и модель формирования и оценивания профессионально важных качеств космонавтов в процессе СЛПК.

Вместе с тем, анализ проекта курса специальной летной подготовки космонавтов (КСЛПК) и организационно-методических основ общекосмической подготовки кандидатов в космонавты (книги 1 и 2) позволил выявить структуру СЛПК.



Рис. 1. Структура специальной лётной подготовки космонавтов на этапе общекосмической подготовки

Структура СЛПК на этапе общекосмической подготовки показана на рис. 1.

Теоретическое обучение включает дисциплины: «Особенности конструкции и эксплуатация самолета и двигателя» (КЭСД) в пределах Руководства по лётной эксплуатации самолета (РЛЭ); «Эксплуатация радиозлектронного оборудования самолета» (ЭРЭО) в пределах РЛЭ; «Эксплуатация авиационного оборудования самолета» (ЭАО) в пределах РЛЭ; «Эксплуатация радиосвязного и навигационного оборудования самолета» (ЭРСНО) в пределах РЛЭ; «Практическая аэродинамика самолета» (ПА).

Завершается теоретическое обучение сдачей комплексного экзамена (КЭ) на допуск к СЛПК.

Всего на теоретическое обучение отводится 35 часов.

Распределение дисциплин теоретического обучения по учебному времени показано на рис. 2.

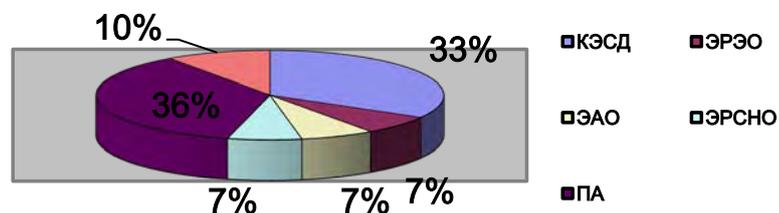


Рис. 2. Распределение дисциплин теоретического обучения по учебному времени

Теоретическое обучение проводится однократно – применительно ко всем этапам СЛПК.

В процессе наземной подготовки изучаются темы: полетная документация и порядок оформления (ПД); федеральные авиационные правила по штурманской службе (ФАПШС); федеральные авиационные правила полетов (ФАПП-2003);

федеральные авиационные правила производства полетов (ФАППП-2004); безопасность полетов (БП); инструкция по производству полетов в районе аэродрома (ИППРА); особенности метеорологической обстановки в районе выполнения полетов (ОМОРП); задачи первоначальной летной подготовки на временной период (ЗПЛП); методика и условия выполнения упражнений (МУВУ); подготовка и моделирование выполнения полетных заданий (ПМПЗ); алгоритм выполнения необходимых расчетов для выполнения полетов (АВР); методика подготовки справочных данных (МПСД). Завершается наземная подготовка сдачей комплексного зачета (КЗ) на допуск к СЛПК.

Всего на наземную подготовку отводится 27 часов.

Распределение тем наземной подготовки по учебному времени показано на рис. 3.

Структура комплекса СЛПК (применительно к комплексам полетов по разделам 1 и 2) показана на рис. 4.

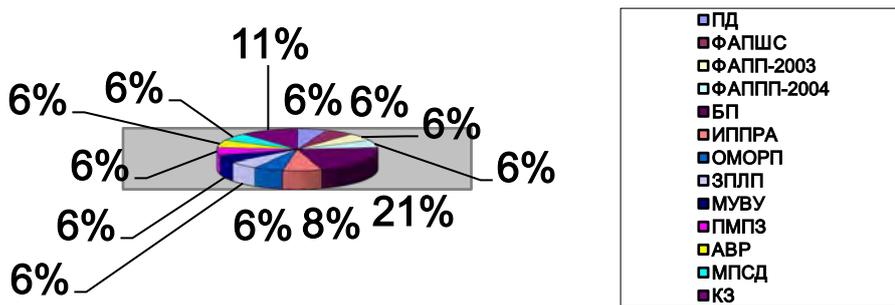


Рис. 3. Распределение тем наземной подготовки по учебному времени

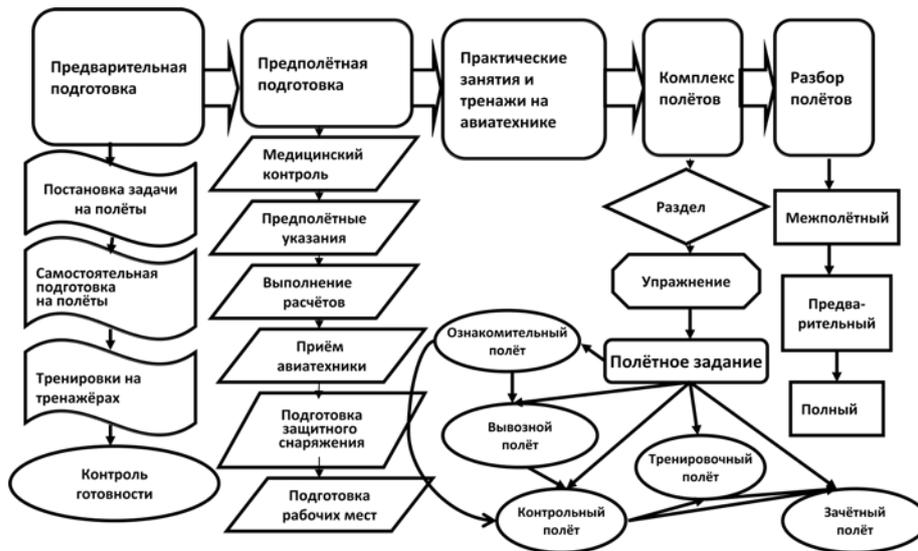


Рис. 4. Структура комплекса СЛПК (применительно к комплексам полетов по разделам 1 и 2)

Перед проведением СЛПК на этапе подготовки космонавтов в группах специализации и совершенствования проводится наземная подготовка с последующей сдачей комплексного зачета на допуск к полетам.

Структура комплекса СЛПК (применительно к комплексам полетов по разделам 3, 4) аналогична структуре комплекса СЛПК (применительно к комплексам полетов по разделам 1 и 2) (рис. 4), за исключением ознакомительного и вывозных полетов.

В структуре комплекса СЛПК наиболее значимым блоком по степени важности в решении задачи формирования ПЛК космонавтов является комплекс полетов.

Вариант комплекса полетов СЛПК показан на рис. 5.

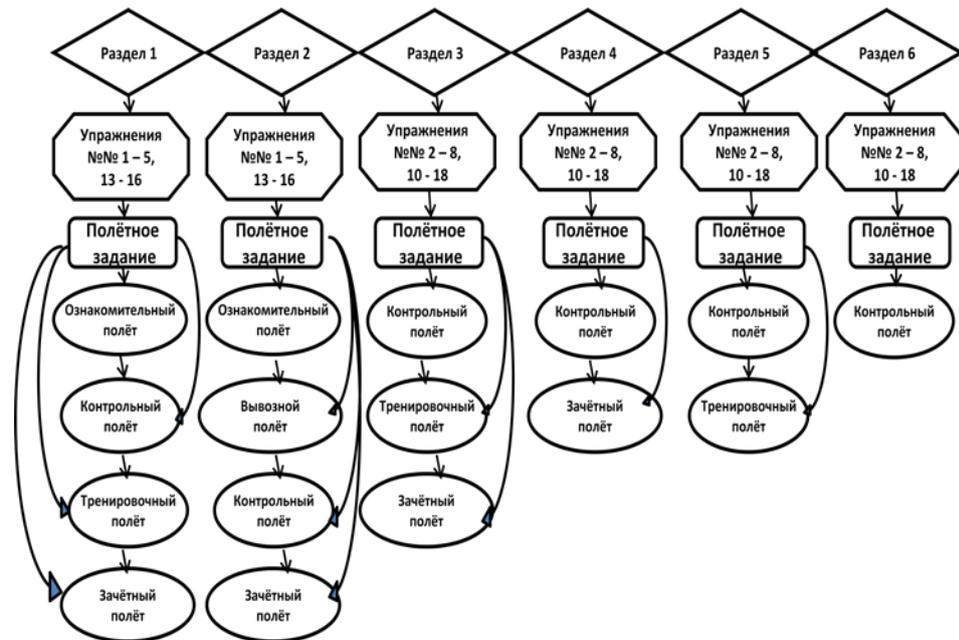


Рис. 5. Комплекс полетов СЛПК (вариант)

Структурно комплекс полетов представлен разделами, упражнениями, полетными заданиями (полетами).

Основу комплекса полетов составляют разделы.

Разделы комплекса полетов состоят из упражнений.

Вариант набора упражнений может быть следующим.

Упражнение 1. Ознакомительный полет в районе аэродрома.

Упражнение 2. Выработка навыков выполнения сложных действий в условиях, приближенных к космическому полету.

Упражнение 3. Выработка навыков выполнения разносторонних многофункциональных действий в условиях, приближенных к космическому полету.

Упражнения 4, 5. Выработка навыков выполнения программных действий при дефиците времени в условиях, максимально приближенных к космическому полету.

Упражнение 6. Выработка навыков выполнения экстренных действий в экстремальных ситуациях в условиях, приближенных к космическому полету.

Упражнение 7. Выработка навыков выполнения разносторонних многофункциональных действий в условиях, приближенных к космическому полету.

Упражнение 8. Выработка навыков выполнения действий при дефиците времени в экстремальной ситуации в условиях, приближенных к космическому полету.

Упражнение 10, 11, 12. Выработка навыков маневрирования вблизи «постороннего» объекта в условиях, приближенных к космическому полету, с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Упражнение 13. Выработка навыков выполнения сложных многофункциональных программных действий при дефиците времени в условиях, приближенных к космическому полету, с ведением радиорепортажей.

Упражнение 14. Выработка навыков выполнения программных действий в экстремальных ситуациях, приближенных к космическому полету, с ведением радиорепортажей.

Упражнение 15. Выработка навыков выполнения программных действий в усложненных условиях, близких к космическому полету, с ведением радиорепортажей.

Упражнение 16. Выработка навыков выполнения действий в условиях быстроменяющегося положения в пространстве и при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам.

Упражнение 17. Выработка навыков выполнения действий в условиях динамики полета, идентичной динамике операторской деятельности по обнаружению, сближению и расхождению космических кораблей, на фоне эмоционального напряжения, с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей.

Упражнение 18. Выработка навыков в выполнении действий при имитации стрессовых ситуаций в условиях дефицита времени в условиях, приближенных к космическому полету, с ведением радиорепортажей.

Особенность разделов комплекса полетов СЛПК (применительно к комплексам полетов по разделам 1 и 2) заключается в исключении сложных видов полетов (групповых, ночных, при метеоминимуме), а также в выборе упражнений, в полетные задания которых не включаются сложные элементы (полеты на малых высотах). Система комплекса полетов по разделам 1 и 2 включает ознакомительный полет, вывозные, контрольные, тренировочные и зачетные полеты (с включением специальных элементов) по кругу, по маршруту и в зону – в простых метеоусловиях.

Особенность разделов комплекса полетов СЛПК (применительно к комплексам полетов по разделам 3 и 4) заключается во включении сложных видов полетов (групповых, ночных), а также в выборе упражнений, в полетные задания которых включаются сложные элементы (полеты на малых высотах). Система комплекса полетов по разделам 3 и 4 включает контрольные, тренировочные и зачетные полеты (с включением специальных элементов) по кругу, по маршруту, в зону (одиночные и групповые) – в простых и сложных метеоусловиях.

Анализ целей и задач общекосмической подготовки и подготовки космонавтов в группах специализации и совершенствования позволил сделать важнейший вывод: формирование ПЛК космонавтов необходимо осуществлять поэтапно.

Кроме того, контроль порядка формирования ПЛК космонавтов должен обеспечиваться с помощью соответствующей системы их показателей и критериев. При этом система показателей и критериев ПЛК космонавтов должна способствовать построению оценочных областей, в рамках которых отслеживается весь процесс формирования у космонавтов профессионально важных качеств.

На этапе общекосмической подготовки проводится первоначальная летная подготовка (по разделам 1 и 2) с целью первичного формирования профессионально важных качеств и определения возможности допуска космонавтов к этапу подготовки в группах.

При этом система показателей и критериев ПЛК космонавтов должна способствовать построению оценочных областей, в рамках которых отслеживается первичное формирование профессионально важных качеств космонавтов (как в процессе первоначальной летной подготовки, так и по завершении ее). В свою очередь, анализ оценочных областей по завершении первоначальной летной подготовки должен позволять выявлять претендентов, не способных (в полном объеме) выполнять функциональные обязанности в космическом полете.

На этапе подготовки в группах проводится летная подготовка (по разделам 3 и 4) с целью формирования профессионально важных качеств космонавтов до уровня, обеспечивающего надежную и безопасную жизнедеятельность в космических полетах.

При этом система показателей и критериев ПЛК должна способствовать построению оценочных областей, в рамках которых отслеживается процесс полного формирования профессионально важных качеств космонавтов. В свою очередь, анализ оценочных областей должен позволять осуществлять постоянную необходимую корректировку их в требуемом направлении.

По завершении летной подготовки на основании детального анализа оценочных областей возможно научно обоснованное номенклатурное распределение космонавтов по должностям: командир корабля, командир МКС, бортинженер, бортинженер МКС, космонавт-исследователь (или: командир, бортинженер, исследователь).

Вместе с тем, использование оценочных областей означает необходимость изыскания возможности определения, с использованием системы показателей и критериев, состояния каждого ПЛК космонавтов в числовом выражении. При этом критериальной оценке должно подвергнуться каждое из свойств, совокупность которых и определяет конкретное ПЛК.

Для решения этой задачи необходимо определить совокупности оцениваемых элементов, формирующих оценочные области ПЛК космонавтов через критерии и показатели, в зависимости от перечня упражнений (разделов) и этапа формирования ПЛК.

Модель формирования и оценивания ПЛК космонавтов в процессе СЛПК показана на рис. 6.

Выводы.

Формирование и поддержание у космонавтов профессионально важных качеств возможно при условии предварительного решения ряда научных задач:

1. Создание комплекса полетов с перечнем упражнений для поэтапного формирования ПЛК.

2. Определение показателей и критериев ПЛК космонавтов.

3. Определение перечня оцениваемых элементов по каждому упражнению.

4. Определение совокупностей оцениваемых элементов, формирующих ПЛК космонавтов.

5. Определение порядка построения оценочной области, в границах которой обеспечивается формирование ПЛК космонавтов.

6. Создание моделей формирования и оценивания ПЛК в процессе СЛПК.

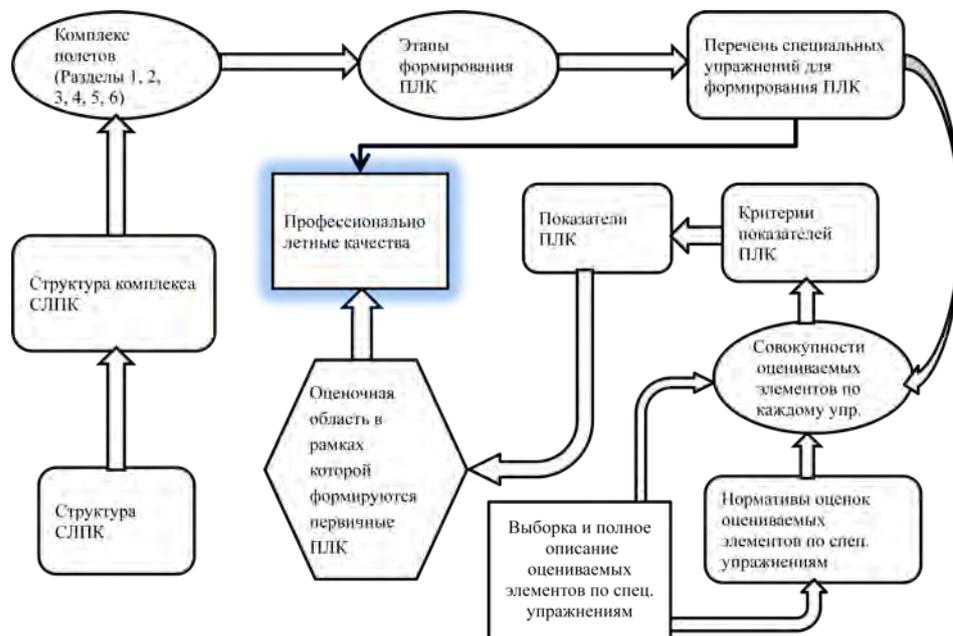


Рис. 6. Модель формирования и оценивания профессиональных летных качеств космонавтов в процессе специальной летной подготовки космонавтов

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Крючков Б.И. Отбор космонавтов для многоразовых многеместных ПКА. Сборник тезисов 6-й Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок Московской области, 2005.
- [2] Профессиональный отбор космонавтов. Учебно-справочное пособие / Под общей редакцией Крюčkова Б.И. и Харламова М.М. – Звездный городок Московской области, 2009.
- [3] Курс летной и парашютной подготовки космонавтов. – Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, 1990.

ДИСКУССИИ

DISCUSSIONS

УДК 621.396:629.78

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РАБОТЫ В КОСМОСЕ

Г.И. Падалка, П.П. Долгов, А.А. Алтунин

Герой РФ, летчик-космонавт РФ Г.И. Падалка; канд. техн. наук, старший научный сотрудник П.П. Долгов; А.А. Алтунин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Статья продолжает дискуссию по вопросам разработки роботов для их применения на борту пилотируемых космических объектов. Приводятся основные тезисы в обоснование необходимости изменения принципов роботизации пилотируемых космических объектов.

Ключевые слова: робот, антропоморфный робот, телецентрический подход, космонавт.

Approach to Designing Robotic Systems to Work in Space. G.I. Padalka, P.P. Dolgov, A.A. Altunin

The paper continues the discussion of issues of designing robots to use them aboard manned space vehicles. It also names the main theses in reasoning the necessity to change the robotization principles of manned space objects.

Keywords: a robot, an anthropomorphous robot, teleocentric approach, a cosmonaut.

В настоящее время проводятся работы по оценке возможности использования роботов на борту Международной космической станции (МКС). Образец робота доставлен на борт МКС, где проводятся его тестовые испытания. По тематике роботов опубликованы статьи [1, 2, 3, 4] в журнале «Пилотируемые полеты в космос», в которых авторы аргументируют свои позиции по вопросам конструктивного исполнения роботов и функций, которые могут быть возложены на роботов.

В первых трех публикациях рассматривается в качестве перспективного антропоморфный подход в создании роботов для применения на борту пилотируемой космической станции. При этом авторы [1, 3] исходят из весьма спорной предпосылки, что применение антропоцентрического подхода к проектированию деятельности космонавтов на борту автоматически предполагает антропоморфный вид робота-помощника. Другой вид роботов почему-то не рассматривается. Авторы рассматривают вопросы применения антропоморфных робототехнических систем (АРТС) при работе как внутри космической станции, так и в открытом космическом пространстве в процессе внекорабельной деятельности, и находят, что АРТС может быть применена практически для решения всех задач.

Авторы [2] ставят задачу «...создания исполнительного комплекса со структурной схемой, близкой к строению человеческого тела», при этом «...структурная схема исполнительного комплекса должна обеспечить спектр движений в зоне обслуживания и точке позиционирования, сравнимый с действиями руки и кисти человека». Т.е. авторы считают, что создание антропоморф-

ного робота, подобного человеку, позволит решить задачи, стоящие перед человеком в космическом полете.

Диаметрально противоположным является мнение другого автора, изложенное в статье [4]. Цыганков О.С. считает, что «не биоморфность, не полное человекоподобие, а техногенное решение, обеспечивающее выход робота за пределы человеческих возможностей или отождествление с ними при выполнении рабочих операций, является основным критерием в выборе концепции РМС для ВКД». Т.е. автор считает, что робот должен создаваться для решения конкретных задач, а не с целью обеспечения человекоподобия.

Проводя анализ возможности и целесообразности использования АРТС на борту МКС, мы столкнулись с рядом трудностей. Попытки определения областей применения антропоморфных роботов наталкиваются на вопросы: какие у него органы перемещения, фиксации, захваты, а что же может сделать робот?

Оптимисты считают, что все.

Реалисты считают, что ничего.

Основные недостатки АРТС, на наш взгляд, вытекают как раз из антропоморфности системы. Конструкторы [2] прикладывают большие усилия, чтобы сделать конструкции рук, пальцев, суставов аналогичные человеческим, стараются «...обеспечить зону обслуживания и угол ориентации захвата, аналогичные создаваемым рукой человека. Длины звеньев совпадают с аналогичными параметрами человека...», а потом пытаются этими устройствами решать задачи, которые стоят перед человеком. Но при выполнении большинства задач у человека возникают следующие проблемы:

- всегда не хватает рук для выполнения какой-либо операции или действия;
- «короткие» или «толстые» руки или пальцы для выполнения операции;
- не удается просунуть руку в требуемое место;
- не удается заглянуть за угол или на другую сторону предмета;
- нет места, чтобы поставить ноги;
- мешают окружающие предметы для действия рук, для положения тела;
- часто возникающие неожиданные технические проблемы («сюрпризы») по ходу выполнения задачи, требующие оперативного анализа и интеллектуального подхода к их разрешению.

Изготовленные подобно человеку роботы будут иметь те же самые недостатки, и при целевом применении у них будут возникать те же самые проблемы. При этом временные затраты на анализ и разрешение возникающих проблем для робота будут существенно выше, чем для человека.

Поэтому, на наш взгляд, необходимо изменить акценты при создании различных технических систем, предназначенных для функционирования на борту космических аппаратов.

При разработке средств автоматизации или роботизации отдельных задач ВКД, на наш взгляд, целесообразно придерживаться телецентрического (целеустремленного) подхода [5], где робот проектируется именно для выполнения конкретного класса целевых задач с исполнительными органами, спроектированными под конкретные действия и операции, выполняемые роботом в конкретных условиях. Телецентрический подход является модификацией системного подхода, для которого целевое предназначение разрабатываемой системы выходит на первый план. Примером могут служить многостепенные (до семи степеней свободы) манипуляторы на МКС (SSRMS и SPDM), перемещающиеся по поверхности станции и выполняющие задачи по разгрузке грузовых кораблей, сборке станции

(масса перемещаемого груза до ста тонн) и высокоточный ремонт с заменой блоков снаружи станции без помощи астронавтов.

Подобные роботы или манипуляторы (чего нет на российском сегменте МКС) будут чрезвычайно востребованы для перспективных пилотируемых (Луна, Марс) программ.

Эксперименты, проводимые в настоящее время нашими партнерами с робонавтом (Robonaut – робот-гуманоид) на борту МКС – попытка по созданию искусственного интеллекта. Эти новейшие технологии робототехники обещают прорыв, но в отдаленной перспективе и в другой области. Разработка роботов такого типа, на наш взгляд, имеет важное прикладное значение, но для задач протезирования, а не для космических задач. Серьезных задач, выполняемых внутри станции в помощь космонавтам, на сегодняшний день для робота нет. Это также отмечено на Международной конференции Skolkovo Robotics «...форм-фактор гуманоида не наилучшим образом приспособлен для условий космоса и иных планет. Примером этого может служить робонавт НАСА, который оказался не слишком востребованным на МКС» [6].

На наш взгляд, необходимо изменить принципы и подходы при конструировании как самих роботов, так и космических объектов в целом. Необходимо предусмотреть требования автоматизации и роботизации на этапе создания космического объекта. Должны быть заранее определены задачи, которые будут решаться на борту космического объекта, и далее применяться стандартные процедуры распределения функций в системе «человек–машина» и оптимизация данной системы. Если космический объект изначально не был приспособлен для применения робота, то в дальнейшем любые попытки применить робота любой мыслимой, даже идеальной, конструкции для решения целевых задач будут сталкиваться с принципиальными трудностями.

Считаем, что наша дискуссионная статья отражает определенную точку зрения на роль и место робототехнических систем, в том числе и антропоморфного типа, при решении различных задач пилотируемой космонавтики. Дискуссии и критический анализ различных мнений позволит обоснованно сформировать концепцию создания и применения роботизированных систем на борту пилотируемых космических аппаратов, что позволит избежать принятия ошибочных решений на стадии обоснования облика таких систем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Крючков Б.И., Усов В.М. Антропоцентрический подход в организации совместной деятельности космонавтов ПКК и робота-помощника андроидного типа // Пилотируемые полеты в космос. – № 3(5). – 2012. – С. 38–53.
- [2] Богданов А.А., Кутлубаев И.М., Сычков В.Б. Перспективы создания антропоморфных робототехнических систем для работы в космосе // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(3). – 2012.
- [3] Крючков Б.И., Усов В.М. Новые направления робототехники в пилотируемой космонавтике (приглашение к дискуссии) // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(6). – 2013.
- [4] Цыганков О.С., Бабайцев Д.В. Заменит ли робот космонавта в операциях внекорабельной деятельности // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(4). – 2012. – С. 74–87.
- [5] Буков В.Н., Кулабухов В.С. Телеоцентрический подход к разработке аэрокосмических эргатических систем. Третья международная научно-практическая конференция. Тезисы докладов. – Звездный городок: РГНИИЦПК, 1997.
- [6] Афанасьев И. Андроиды для освоения космоса // Новости космонавтики. – № 04. – 2013. – С. 52.

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.78.077

ВОЗВРАЩЕНИЕ С ОРБИТЫ НА КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЯХ «СОЮЗ» В РЕЖИМЕ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО СПУСКА

The Returning of the Soyuz Spacecraft From Orbit in the Ballistic Descent Mode

Спуск космического аппарата (КА) с орбиты завершается посадкой его на поверхность Земли. Для уменьшения скорости КА и обеспечения безопасности посадки используется взаимодействие КА с атмосферой.

После ориентации КА на орбите двигательная установка выдает необходимый тормозной импульс, скорость КА несколько снижается. Он постепенно сходит с орбиты по заданной траектории, но входит в атмосферу Земли с еще достаточно большой начальной скоростью. Аэродинамические силы сопротивления при снижении замедляют скорость КА, и она уменьшается до малого (дозвукового) значения.

Характер траектории спуска в атмосфере определяется в основном аэродинамическими характеристиками КА. Если КА не обладает аэродинамическим качеством (отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления летательного аппарата), а следовательно, и подъемной силой, то он осуществляет баллистический спуск (БС), который связан с большими перегрузками, обусловленными неуправляемым аэродинамическим торможением и с большим возможным отклонением фактической точки посадки от заданной. БС применялся при первых полетах человека на космических кораблях (КК) «Восток» и «Восход», американском КК «Меркурий», так как их спускаемые аппараты (СА) обладали нулевым аэродинамическим качеством. На этих КК перегрузка при спуске достигала 10 g. Так, у космонавтов Г.С. Титова на КК «Восток-2», В.В. Терешковой на «Востоке-б» и А.А. Леонова на КК «Восход-2» перегрузка доходила до 9,5 g (по воспоминаниям самих космонавтов).

На КК типа «Союз» форма СА, положение его центра масс и система управления спуском (СУС) позволяют спускаемому аппарату совершать управляемый спуск с аэродинамическим качеством. Управляемый спуск осуществляется с помощью газовых реактивных двигателей, работающих на перекиси водорода.

На КК «Союз» управляемый спуск является основным (штатным) режимом, а БС является дублирующим режимом спуска и выполняется при отказах в системе управления спуском, связанных с потерей ориентации КК или СА, при отказах в системе исполнительных органов спуска (двигателей исполнительных органов спуска) или в случае неразделения отсеков КК.

Основными характеристиками траектории БС являются уменьшение дальности атмосферного участка по сравнению с траекторией управляемого спуска на величину до 400 км. Точность приземления в режиме автоматического управляемого спуска 5–7 км от расчетной точки. В режиме БС точность приземления по дальности примерно 75 км и по боку до 15 км. Максимальная перегрузка в режиме БС увеличивается до 8,5 g.

18.01.1969 г. Волюнов Б.В. – «Союз-5»

16.01.1969 г. была выполнена первая стыковка двух пилотируемых космических кораблей: «Союз-4» (командир Шаталов В.А.) и «Союз-5» (командир Волюнов Б.В.) в 11:00 ДМВ. Через виток космонавты Елисеев А.С. и Хрунов Е.В. впервые перешли из одного КК («Союз-5») в другой («Союз-4») через открытый космос. В стыкованном состоянии корабли летали 4 часа 33 минуты. Затем они расстыковались, и космонавты начали готовиться к посадке.

17.01.1969 г. КК «Союз-4» с космонавтами Владимиром Шаталовым, Алексеем Елисеевым и Евгением Хруновым благополучно вернулись на Землю, а Борис Волюнов на «Союзе-5» остался на орбите, чтобы в соответствии с программой приземлиться на следующий день. «Союз-5» пошел на посадку 18.01.1969 г.

Перед входом в плотные слои атмосферы после выдачи тормозного импульса прошла команда на разделение отсеков корабля, но по какой-то причине приборно-агрегатный отсек (ПАО) не отделился от СА. Скорее всего, не сработали пирозамки (все или один из пяти), которые отделяют ПАО от СА.

СА должен входить в плотные слои атмосферы наиболее защищенной частью – днищем корабля с теплозащитным экраном. В данном случае неотделившийся отсек не позволял СА развернуться на 180°, и он вошел в атмосферу люком вперед, наименее защищенной частью. Система управления пыталась развернуть СА в нужном направлении, но неотделившийся отсек препятствовал развороту.

Борис Волюнов сразу оценил всю сложность и опасность ситуации, в которую он попал (после прохождения команды на разделение отсеков он увидел через иллюминатор антенны на концах солнечных батарей ПАО), но что-либо предпринять не мог. С каждой минутой нарастала перегрузка, и космонавт все сильнее повисал на привязных ремнях вместо того, чтобы вжиматься в кресло (из-за перегрузки СА перегрузка действовала в обратном направлении).

Вскоре в кабине запахло гарью – стало плавиться резиновое уплотнение люка, который практически не имел теплозащитного покрытия. В любой момент резина могла не выдержать нагрева, тогда произошла бы разгерметизация и космонавт, который летал без скафандра, безусловно, погиб бы. Сознывая всю остроту сложившейся ситуации, Борис Валентинович продолжал вести репортаж с записью на бортовой магнитофон. Эта информация была крайне важна для конструкторов и для тех, кто полетит после него.

Мощный и крепкий стальной шпангоут, на котором крепился люк, выдержал натиск огня. По сигналу от термодатчиков сработали пирозамки и ПАО отделился от спускаемого аппарата. После этого СА развернулся днищем вперед и пошел по баллистической траектории (максимальная перегрузка составила 9 g).

На высоте 10 км сработала парашютная система. После отделения СА от ПАО спускаемый аппарат начал «кувыркаться», а потом постепенно перешел на вращение вокруг продольной оси. Стропы купола основного парашюта начали закручиваться в жгут. К счастью, парашют не «сложился», произошла резкая остановка вращения СА и он начал вращаться в обратную сторону. И так было до самой Земли.

Приземление было чрезвычайно жестким. Удар пришелся на плечи и затылок. У космонавта произошел перелом корней зубов верхней челюсти. От больших неприятностей его спас индивидуальный ложемент кресла космонавта.

После лечения врачи запретили летать Волюнову не только на космических кораблях, но и на военных и рейсовых самолетах. Борис Валентинович работал над собой и через год получил сначала ограниченный допуск, а потом и полный допуск к космическим полетам. Второй полет он выполнил через семь лет в 1976 году.

05.04.1975 г. Лазарев В.Г., Макаров О.Г. – «Союз» (7К-Т № 35, «Союз 18-1»)

5 апреля 1975 г. в 14:04 ДМВ стартовал экипаж второй экспедиции на орбитальную станцию «Салют-4» в составе Лазарева В.Г. и Макарова О.Г. На 289-й секунде полета одновременно с выключением двигателя 2-й ступени системой управления ракетносителя (РН) была выдана ложная (на несколько секунд раньше расчетного времени) команда на раскрытие поперечного стыка хвостового отсека 3-й ступени, причем, только на три из шести замков. Стык полуоткрылся. Но по мере набора тяги двигателей 3-й ступени оставшиеся замки ломались, и на 291-й секунде стык раскрылся полностью. Далее события развивались следующим образом. Возникли угловые скорости 3-й ступени РН до 20°/с по крену и до 5°/с по двум другим каналам, и была сформирована команда «Авария РН». По этой команде в соответствии с логикой системы управления было выполнено отделение корабля от 3-й ступени, разделение отсеков (бытового отсека и ПАО) от спускаемого аппарата, и СА с экипажем с высоты 192 км устремился к Земле.

Вследствие того, что из-за вращения 3-й ступени РН СУС получила смещение относительно вертикальной плоскости и СА летел не с положительным, а с отрицательным аэродинамическим качеством, возникла перегрузка, которая была на грани человеческих возможностей. Экипаж испытал максимальную, пиковую перегрузку в 21,3 g (на 1,5 с), при том что расчетная перегрузка в аварийном режиме не должна была превышать 15 g и реально угрожала жизни космонавтов. Они не предполагали, что перегрузка будет такой большой. Стало «уходить» зрение: сначала оно перешло в черно-белый цвет, а потом стал сужаться угол зрения. Космонавты находились в предобморочном состоянии, но все же сознание не теряли и сопротивлялись перегрузке как могли. Будучи профессиональным врачом, Василий Лазарев напомнил, что при такой огромной перегрузке надо как можно громче кричать, и они кричали изо всех сил, хотя это было похоже на сдавленный крик.

Через несколько минут перегрузка стала медленно спадать, космонавты, немного отдохнувшие, стали приходить в себя, сработала парашютная система.

СА приземлился на горном склоне в безлюдном месте Алтая недалеко от государственной границы с Китаем и Монголией. Менее получаса назад, когда космонавты стартовали, на Байконуре было +25 °С, а в горах на Алтае температура была –7 °С, лежал снег глубиной 1,5 метра.

Поисково-спасательная служба обнаружила их на удивление быстро. Через полчаса появился самолет, и экипаж установил с ним радиосвязь. Но эвакуировать экипаж в горах ночью было очень рискованно, поэтому эту операцию отложили до рассвета. Космонавты разожгли костер и всю ночь не спали, обсуждая свой аварийный полет.

Утром 6 апреля 1975 года Василия Григорьевича Лазарева и Олега Григорьевича Макарова эвакуировали с места посадки на вертолете. На борт их поднимали с помощью троса и лебедки. Затем космонавты были доставлены в Звездный городок для тщательного медицинского обследования. Каких-либо травм и кровоизлияний на спине обнаружено не было. Впоследствии они стали готовиться к космическим полетам, а Олег Григорьевич Макаров после этой аварии выполнил еще два космических полета.

12.04.1979 г. Рукавишников Н.Н., Г. Иванов (Болгария) – «Союз-33»

«Союз-33» стартовал 10.04.1979 г. в 20:30 ДМВ с советско-болгарским экипажем, который на следующий день должен был состыковаться с орбитальной станцией «Салют-6».

В течение суток после старта были выполнены все тесты аппаратуры и две коррекции корабля на участке дальнего сближения. На следующий день были выполнены еще две коррекции «Союза», радиосистема сближения и стыковки «Игла» нормально «захватила» станцию и повела корабль на стыковку. На дальности 9 км космонавты включили блок управления движением. На расстоянии 4 км «Сатурны» (позывной экипажа «Союза-33») увидели станцию. Все шло штатно, и ЦУП выдал разрешение на включение сближающе-корректирующего двигателя (СКД) корабля на 6 с. Двигатель включился вовремя, но через 3 с остановился, выключилась и «Игла». Корабль и станция по инерции сближались, прошли в нескольких метрах друг от друга и стали отдаляться. Для выяснения причины отключения СКД руководитель полета Елисеев А.С. принял решение повторить попытку. Двигатель включился, но сразу же выключился. Николай Рукавишников сообщил: «Двигатель выходил на режим как-то вяло, ощущались вибрации». «Протоны» (позывной экипажа «Салюта-6») – космонавты Ляхов В.А. и Рюмин В.В. – доложили: «Видели работу двигателя у «Сатурнов». Заметили боковое свечение из агрегатного отсека». Причина однозначная – поврежден СКД. Алексей Елисеев дал команду: «Снять скафандры. Экипажу отдыхать. Включение СКД не разрешается...»

И на орбите и на Земле было понятно, что двигатель неисправен и стыковаться со станцией невозможно. Для возвращения с орбиты поврежденный СКД использовать нельзя. Для этой цели есть дублирующий корректирующий двигатель (ДКД) одноразового включения, предназначенный только для спуска. Но поврежден ли он или нет, никто не знал. Главное, чтобы двигатель отработал не меньше 90 секунд.

На следующий день, 12 апреля, Земля поздравила «Сатурнов» с Днем космонавтики и сообщила о принятом решении – спускаться на ДКД.

Николай Рукавишников вручную построил ориентацию корабля на торможение, т.е. «кормой» вперед, и передал управление гироскопами. Через виток в 18:48 включился дублирующий двигатель.

ДКД должен был отработать 188 с, но не выключился и продолжал работать. Экипаж понимал, что, если двигатель работает не на полной тяге, то они останутся на орбите навсегда. Поэтому Николай Николаевич дал двигателю проработать сверх нормы 25 с, нажал кнопку выключения и доложил на Землю: «Двигатель проработал 213 с. Идем на баллистический...»

С плавучего измерительного комплекса судна «Боровичи», несущего вахту в южной Атлантике, через спутник связи «Молния» в Центр управления полетами были переданы данные о работе двигателя. Сведения о космонавтах в ЦУП передавали и «Протоны». Они пролетали над районом посадки и связались с коллегами по радио. Владимир Ляхов сообщил, что «Сатурны» чувствуют себя хорошо.

Спускаемый аппарат с Николаем Рукавишниковым и Георгием Ивановым успешно приземлился в 19:35 ДМВ в 320 км юго-восточнее г. Джезказгана. По оценке космонавтов, максимальная перегрузка на БС достигала 8–9 единиц.

Ночь, конечно, усложняет работу поисково-спасательной службы. Но, тем не менее, она сработала четко и уверенно. Вертолет сопровождал СА до момента касания Земли и через несколько минут на месте посадки были специалисты указанной службы и медики. Первый медицинский осмотр показал, что состояние космонавтов хорошее.

04.05.2003 г. Бударин Н.М., К. Бауэрсокс (США), Д. Петтит (США) – «Союз-ТМА»

На начальном этапе сборки МКС основные экспедиции на станцию доставлялись шаттлами. Шаттл не мог работать в космосе больше двух недель, а экипаж

нельзя оставлять на станции без корабля-спасателя. Поэтому, начиная с 2001 года, российская сторона доставляла на МКС очередной КК «Союз» (экспедиция посещения) и возвращала на Землю предыдущий корабль. Сначала функцию корабля-спасателя выполнял «Союз-ТМ». В ноябре 2002 года Сергей Залетин доставил на МКС корабль очередной модификации «Союз-ТМА» и вернул на Землю последний корабль предыдущей серии «Союз ТМ-34».

После трагедии «Колумбии» 1 февраля 2003 года полет экипажа МКС-6 был продлен почти на два месяца. Следующий экипаж – МКС-7 в составе трех человек должен был быть доставлен на станцию шаттлом. Чтобы продолжить эксплуатацию МКС, но уменьшить количество грузов, доставляемых на станцию кораблями «Прогресс», было решено сократить численность экипажей основных экспедиций до двух человек, по одному космонавту из России и США.

Экипажи основных экспедиций, которые доставлялись на орбиту шаттлами, проходили подготовку в ЦПК имени Ю.А. Гагарина и к полету на корабле «Союз», но только на этапе спуска. И космонавты МКС-7 до гибели «Колумбии» на корабле «Союз» готовились только на этап спуска. Поэтому им пришлось наверстать подготовку, оттренировать на тренажере этап выведения корабля на орбиту и стыковку его с орбитальной станцией.

Наконец, 28 апреля 2003 года на МКС прилетела смена – экипаж МКС-7 (Юрий Маленченко и Эдвард Лу) на КК «Союз ТМА-2». Сдав свою смену новому экипажу, в ночь с 3 на 4 мая экипаж МКС-6 (Николай Бударин, американские астронавты Кеннет Бауэрсокс и Дональд Петтит) перешел на борт «Союза ТМА» и отстыковался от станции. Построение орбитальной ориентации корабля, включение тормозной двигательной установки, формирование тормозного импульса и процесс разделения отсеков были выполнены штатно и без замечаний. В течение трех минут после разделения отсеков корабля движение проходило по траектории управляемого спуска. На 183-й секунде (после разделения отсеков), еще до входа в атмосферу, СА автоматически перешел в режим БС. Как потом было установлено, причиной перехода в режим БС явилась неадекватная реакция блока управления спуском (БУСП-М), входящего в состав системы управляемого спуска, на сигналы с гироскопа КИОО-18 и измерителей угловых скоростей. В результате СА отклонился по углу рысканья на предельную величину (-54°), что повлекло за собой выдачу концевым выключателем гироскопа команды на переход в режим БС.

Баллистический спуск проходил штатно, в соответствии с заложенной логикой управления. Максимальная перегрузка при спуске не превысила 8,1 g. СА осуществил посадку в районе расчетной точки баллистического спуска в 05:04 ДМВ в 405 км западнее г. Аркалыка в Казахстане. Недолет от расчетной точки посадки при управляемом спуске составил 440 км, боковое отклонение от расчетной точки посадки – 27,5 км. Отклонение от расчетной точки посадки при баллистическом спуске составило 12 км.

На пресс-конференции по итогам работы Технической комиссии по причинам баллистического спуска СА «Союз ТМА» заместитель генерального конструктора РКК «Энергия» Николай Иванович Зеленщиков с удовлетворением отметил: «При выполнении спуска экипаж корабля производил необходимые действия по контролю и управлению в соответствии с бортовыми инструкциями, показав при этом слаженность в работе и хорошее взаимопонимание. Экипаж проявил высокую психологическую устойчивость, выдержку и спокойствие. Николай Бударин как командир корабля показал высокий профессионализм».

В расчетном районе посадки дежурил самолет Ан-12. В 04:50 ДМВ (на участке парашютирования) экипаж самолета установил радиосвязь с космонавтами, но визуального наблюдения СА не было. Через несколько минут после перецепки парашюта связь пропала. Н. Бударин еще до входа в плазму докладывал о том, что СА идет по баллистической траектории, но ЦУП из-за сильных помех не расслышал его. Видимо, понимая, что на Земле уже знают о режиме БС, Николай Михайлович не сообщил об этом экипажу самолета. Примерно через полчаса после того, как прошло расчетное время посадки, не обнаружив СА в заданном районе, самолет Ан-12 пошел на запад по трассе спуска к району посадки в случае баллистического спуска. В 07:21 ДМВ (через 2 ч 17 мин после приземления СА) сигнал спускаемого аппарата был обнаружен самолетом Ан-12. В 09:45 два вертолета Ми-8 со спасателями приземлились рядом с СА.

В 07:35, еще до прибытия вертолетов, командир корабля Николай Бударин открыл люк, и в 08:46 экипаж покинул СА. Через час прибыли спасатели, и эвакуация «Персеев» (позывной экипажа Н. Бударина) и СА с места посадки проводилась по штатной программе. В 17:40 самолетом ЦПК имени Ю.А. Гагарина экипаж был доставлен на аэродром Чкаловский, а затем специализированным автобусом в профилакторий Звездного городка.

11.10.2007 г. Котов О.В., Юрчихин Ф.Н., Ш.М. Шукор (Малайзия) – «Союз ТМА-10»

После гибели шаттла «Колумбия» 1.03.2003 г. челноки не летали почти 2,5 года. Необходимо было модернизировать оставшиеся три «Спейс Шаттла», чтобы не повторить трагедию «Колумбии». С 2006 года двух членов экипажа основных экспедиций (американского и российского) стали доставлять на МКС и возвращать обратно на «Союзах». Третий член экипажа (американский, европейский, японский астронавт) доставлялся на орбиту и возвращался на Землю на шаттле.

Два члена экипажа МКС-15, космонавты Олег Котов и Федор Юрчихин, стартовали на КК «Союз ТМА-10» 7.04.2007 г. и через двое суток 9 апреля состыковались с МКС. Корабль «Союз» трехместный, поэтому основные экспедиции «попутным грузом» доставляли на орбиту космических туристов (участников космического полета). «Пульсары» (позывной О. Котова) привезли с собой на МКС американского туриста Ч. Симони, а на Землю его вернул на КК «Союз ТМА-9» предыдущий экипаж МКС-14 – космонавты М. Тюрин и М. Лопес-Алегриа (США) 21.04.2007 г.

На смену МКС-15 очередной экипаж стартовал на КК «Союз ТМА-11» 10.10.2007 г. и 12 октября пристыковался к МКС. Вместе с Юрием Маленченко и американкой Пегги Уитсон на станцию прибыл участник космического полета астронавт Малайзии Шейх Музафар Шукор. Федор Юрчихин передал смену по российскому сегменту Юрию Маленченко и в целом по МКС Пегги Уитсон и экипаж МКС-15 стал готовиться к возвращению с орбиты.

Подготовка к посадке проходила штатно. Космонавты О. Котов, Ф. Юрчихин и Ш. Шукор заняли свои места в корабле, и 21 октября в 10 ч 14 мин КК «Союз ТМА-10» отделился от МКС. На экранах мониторов в ЦУПе было видно, что корабль отходит очень плавно. Точно в заданное время в 12 ч 47 мин включилась корректирующая двигательная установка (КТДУ). Олег Котов (а именно он занимал в «Союзе» центральное кресло как командир космического корабля) тут же доложил в ЦУП: «Есть включение двигателя. Ориентация штатная». И потом он постоянно вел репортаж, сообщая, сколько секунд двигатель уже отработал и ка-

кой за это время приобретен тормозной импульс. Вот его заключительные слова: «Отработали штатно 115,2 м/с», – и корабль пошел к Земле.

Через 20 мин после окончания тормозного импульса на высоте около 130 км произошло штатное разделение отсеков. Еще через 3 мин спускаемый аппарат вошел в атмосферу (условный уровень атмосферы 105 км). Командир корабля доложил, что начался управляемый спуск.

На высоте примерно 90 км СА вошел в плотные слои атмосферы, и его окружила плазма, препятствующая прохождению радиоволн. Связь с экипажем пропала. ЦУП спокойно ждал. Когда связь вдруг возобновилась, последовало неожиданно для всех сообщение Котова: «В 13:18:00 свалились в баллистический спуск (БС). Перегрузка восемь с половиной».

Автоматика КК «Союз ТМА-10» по разделению отсеков сработала штатно в 13 ч 11,5 мин. Бытовой отсек отделился, а приборно-агрегатный отсек (ПАО) не отделился от СА. Упругая связь СА-ПАО сохранялась в течение 4,5 мин, окончательное разделение отсеков произошло в 13 ч 16 мин, начался режим управляемого спуска. Получается, что всего около двух минут космонавты продержались в режиме управляемого спуска.

Такая ситуация осложняет задачу поисково-спасательной службы (ПСС), ведь их основные средства нацелены на точку, в которой должен приземлиться СА.

Но в отличие от БС Н. Бударина 4.05.2003 г., часть средств разместили на трассе спуска КК для подстраховки точки приземления при баллистическом спуске.

До приземления оставалось не более 15 мин. Сменный руководитель полета Ашимов Рафаэль Наильевич оперативно проинформировал руководителя поисково-спасательной службы об изменении ситуации: «Перешли в режим баллистического спуска в 13:18:00. Прошу уточнить точку посадки. У нас должен быть большой недолет. Надо нам переориентировать самолеты по трассе».

А далее события развивались как на учениях. В районе предполагаемого приземления СА находились самолет Ан-12 (командир Романченко) и два вертолета Ми-8 (Чепак и Бородачев) с аэродрома «Крайний» (г. Байконур). Они были вовремя переориентированы на новую точку приземления. Романченко с Ан-12 установил связь с экипажем спускаемого аппарата и визуально обнаружил его на высоте около 1500 метров. В 13 ч 36 мин Чепак и Бородачев доложили с вертолетов Ми-8 о срабатывании двигателей мягкой посадки. Через 7 минут первый вертолет осуществил посадку рядом со спускаемым аппаратом. Через 9 мин специалисты ПСС приступили к эвакуации космонавтов из спускаемого аппарата.

Экипаж Котова приземлился примерно в 330 км западнее г. Аркалыка и 346 км юго-западнее расчетной точки посадки.

Причины перехода в БС при посадке «Союза ТМА-10» изучала комиссия РКК «Энергия». 29 января 2008 года президент РКК «Энергия» Виталий Александрович Лопота сообщил РИА «Новости», что причиной баллистического спуска стало повреждение кабеля, соединяющего пульт управления спуском с аппаратурой «Союза».

Во время снижения спускаемого аппарата при баллистическом спуске космонавты испытали перегрузку до 8,56 единиц. Что же касается показателей самочувствия экипажа, то после эвакуации из спускаемого аппарата пульс у Олега Котова был 90 ударов в минуту, у Федора Юрчихина – 70 и у Шейха Музафара Шукора – 92.

Разница пульса у Котова и Юрчихина понятна. При возвращении Олег Валерьевич являлся командиром корабля. Командир отвечает за безопасность полета и руководит действиями членов своего экипажа. Котов вовремя среагировал на БС и

своевременно дал информацию в эфир для Центра управления полетами. Он четко фиксировал все элементы спуска, уверенно и спокойно держал связь с ЦУПом, а после раскрытия парашюта – со специалистами поисково-спасательной службы. Одновременно Котов диктовал о происходящем на бортовой магнитофон, в том числе и под плазмой с перегрузкой до 8 g. «Олег работал, – оценивал после возвращения Федор Юрчихин, – спокойно, грамотно, профессионально, как на тренажере».

19.04.2008 г. Маленченко Ю.И., П. Уитсон (США), Йи Сойон (Южная Корея) – «Союз ТМА-11»

Космический корабль «Союз ТМА-11» с экипажем МКС-16 стартовал 10.10.2007 г. и состыковался со станцией 12 октября. Через полгода 10.04.2008 г. на МКС прибыл экипаж смены, космонавты семнадцатой основной экспедиции Сергей Волков и Олег Кононенко. Они доставили на станцию участника космического полета астронавта Южной Кореи Йи Сойон. В течение девяти дней была передана эстафета экипажу МКС-17 от МКС-16. С. Волков принял российский сегмент от Ю. Маленченко, а МКС в целом – от П. Уитсон. Кореянка Сойон успешно выполнила с помощью российских космонавтов короткую, но очень насыщенную программу экспериментов КАР.

В ночь с 18 на 19 апреля экипаж занял свои места в «Союзе ТМА-11». Центральное кресло занял командир корабля Юрий Иванович Маленченко, левое – бортинженер Пегги Уитсон и правое – участник космического полета Йи Сойон. В 08:06 ДМВ корабль отстыковался от МКС, и экипаж начал подготовку к спуску. Юрий Маленченко докладывал, что все идет штатно. В расчетное время в 10:40 включился двигатель на торможение и отработал положенные 258,9 с. Примерно через 20 мин после выключения двигателя программно-временное устройство выдало команду на разделение отсеков корабля и еще через 4,6 мин начался режим автоматического управляемого спуска. Однако спустя 52 с автоматика переключилась на режим баллистического спуска.

Максимальная перегрузка при спуске не превышала 8,1 g. В 11:29 ДМВ СА осуществил посадку в 274 км восточнее г. Актюбинска в Казахстане с недолетом около 430 км.

На месте посадки был сильный ветер (15 м/с!). СА приближался к Земле с большим скольжением и, коснувшись поверхности, подпрыгнул. Ю. Маленченко немедленно отстрелил стренги парашюта, спускаемый аппарат лег набок и успокоился. Загорелась сухая трава, по-видимому, от пиропатрона отстрела парашюта. К счастью, ветром огонь и дым понесло прочь от СА.

В Центре управления полетами о переходе корабля в режим БС и месте посадки не знали, так как связь с экипажем отсутствовала с момента выхода аппарата из плазмы. Поэтому первыми к месту посадки прибыли не поисковики, а трактористы из бригады крестьянского хозяйства «Шалкор». Их полевой стан находился в трех километрах от приземления СА «Союза» и, увидев спускающийся парашют, казахи на УАЗике и ЗиЛе двинулись к месту посадки.

Люк открыл Юрий Маленченко и первым выбрался из СА. Казахи помогли достать из спускаемого аппарата GPS-навигатор и спутниковый телефон, чтобы связаться со спасателями Росаэронавигации. Они же оказали помощь женщинам-космонавтам П. Уитсон и Йи Сойон эвакуироваться из СА. Ю. Маленченко по спутниковому телефону «Иридиум» сообщил о посадке в Центр поисково-спасательной службы.

В момент, когда трактористы приблизились к СА (через 8 минут после посадки), прошел программный отстрел крышек и вышли антенны, бортовая и донная. Основные силы поисковиков дежурили севернее Аркалыка в штатном районе. Район БС – прямоугольником длиной 320 и шириной 60 км – прикрывала группа с аэродрома Крайний на Байконуре: самолет Ан-12 и два вертолета Ми-8. Услышав сигнал радиомаяка с донной антенны, Ан-12 лег на курс и вскоре обнаружил место посадки по дыму пожара.

Учитывая, что приземление произошло в запасном районе и что о переходе корабля на БС никто не знал, поисковики Росаэронавигации справились со своей задачей блестяще: два вертолета со спасателями прибыли к СА через 42 мин после посадки против трех часов по нормативу.

Комиссия по расследованию причин баллистического спуска КК «Союз ТМА-11» и определению необходимых мер по их устранению приступила к работе 21 апреля 2008 года. Возглавил ее директор Исследовательского центра имени Келдыша А.С. Коротеев.

В средствах массовой информации высказывались противоречивые версии перехода СА с управляемого спуска на баллистический, вплоть до ошибки экипажа. После тщательной и всесторонней оценки ситуации комиссия установила, что переход СА в режим БС произошел вследствие несвоевременного отделения ПАО от спускаемого аппарата. Об этом официально заявил 21.05.2008 г. начальник Управления пилотируемых программ Роскосмоса Алексей Краснов. А 24 мая руководитель Роскосмоса Анатолий Перминов сообщил и причину неразделения отсеков космического корабля: «Действительно, один из пяти имеющихся разрывных пороховых пироболтов вовремя не сработал, и разделение на отсеки корабля «Союз» произошло позже, когда спускаемая капсула уже проходила слой плазмы».

Обе комиссии, которые работали по анализу причин перехода СА кораблей «Союз ТМА-10» и «Союз ТМА-11» из режима автоматического управляемого спуска в режим баллистического спуска, установили, что БС произошел из-за несвоевременного разделения связи СА-ПАО. Упругая связь между СА и ПАО была образована одним из пяти разрывных пироболтов, который вовремя не сработал.

Комиссии также оценили высокий профессионализм обеих экипажей космических кораблей, действовавших при посадках 21 октября 2007 года «Союза ТМА-10» и 19 апреля 2008 года «Союза ТМА-11». Так, комиссия, оценивавшая действия экипажа Юрия Маленченко, отмечала: «В целом, при выполнении спуска экипаж выполнил необходимые действия по контролю и управлению в соответствии с бортовыми инструкциями. Ошибок экипажа, которые могли привести к переходу корабля в режим БС, не выявлено».

Члены экипажа проявили слаженность в работе, хорошее взаимопонимание, психологическую устойчивость, выдержку и спокойствие. Командир корабля в сложившейся на участке спуска сложной обстановке поддерживал дисциплину и порядок на борту, а после приземления предпринял активные и грамотные действия по оказанию помощи членам экипажа».

В целом, следует отметить, что успешное возвращение всех экипажей в спускаемых аппаратах в режиме баллистического спуска показало высокую эффективность проектных и конструкторских решений, заложенных в корабль «Союз», его высочайшую надежность и поразительную живучесть, а также мужество и высокопрофессиональные действия всех экипажей космических кораблей.

Б.М. ЕСИИ

80 ЛЕТ Е.В. ХРУНОВУ**E.V. Khrunov
80-Year Anniversary**

Е.В. Хрунов
на парашютной подготовке

10 сентября 2013 года летчику-космонавту СССР Хрунову Евгению Васильевичу исполнилось бы 80 лет.

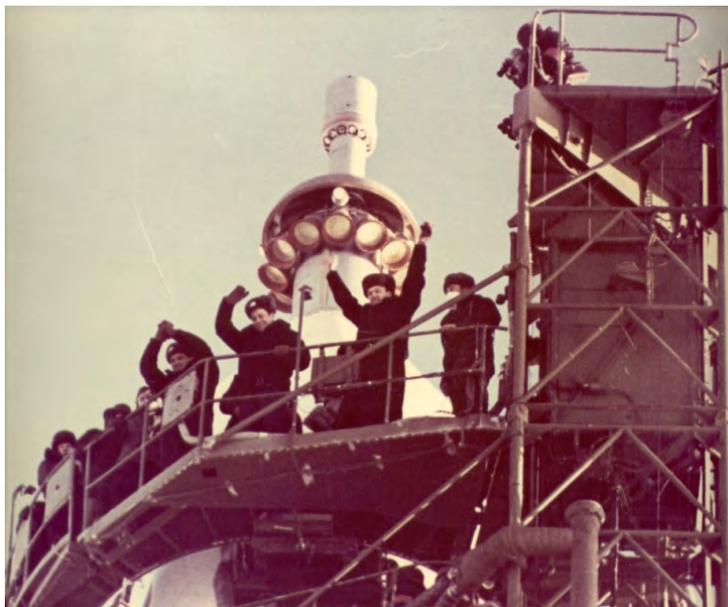
Е.В. Хрунов родился 10 сентября 1933 года в д. Пруды Воловского р-на Тульской области в большой крестьянской семье. В 1956 году закончил Батайское военное авиационное училище летчиков и был направлен для прохождения воинской службы в истребительную авиацию. В одном звене с Хруновым служил еще один будущий космонавт, также вошедший в состав гагаринского набора, Виктор Горбатко. В 1959 году они оба успешно прошли медицинскую комиссию и 9 марта 1960 года были зачислены в отряд космонавтов. Через год, завершив общекосмическую подготовку, Хрунов стал полноценным космонавтом. Был дублером при подготовке к полетам космических кораблей «Восток-5» и «Восход-2».

Евгений Хрунов вместе с Валерием Быковским и Алексеем Елисеевым был включен в состав основного экипажа корабля «Союз-2». Программа полета предусматривала стыковку корабля «Союз-2» с кораблем «Союз-1». Неполадки на КК «Союз-1» начались вскоре после старта 23 апреля 1967 года и полет «Союза-2» пришлось отменить. Евгений Хрунов вместе со своими товарищами продолжали тренировки. В 1968 году Хрунов закончил с отличием ВВИА им. Н.Е. Жуковского, получив диплом по специальности «летчик-космонавт-инженер».



Ю.А. Гагарин, Е.В. Хрунов, В.М. Комаров, А.С. Елисеев, В.Ф. Быковский
во время подготовки к полету по программе «Союз». 15–17 января 1969 года

Евгений Хрунов совершил свой космический полет в качестве инженера-исследователя КК «Союз-5» и «Союз-4», в ходе которого впервые в мире осуществил переход из корабля в корабль через открытый космос вместе с А. Елисеевым. Стартовал на КК «Союз-5» вместе с Б. Волиновым и А. Елисеевым, а возвратился на Землю на КК «Союз-4» вместе с В. Шаталовым и А. Елисеевым. Время выхода в открытый космос – 1 час. Продолжительность полета: 1 сут. 23 ч 45 мин 50 с.



Экипаж корабля «Союз-5».
А.С. Елисеев, Б.В. Волинов, Е.В. Хрунов на стартовой площадке

В этом полете были установлены абсолютные мировые рекорды наибольшего общего веса кораблей «Союз-4» и «Союз-5» в состыкованном состоянии (общий вес станции 12 924 килограмма), продолжительности полета этих кораблей в состыкованном состоянии – 4 часа 33 минуты 49 секунд, и одновременно нахождения двух космонавтов (Е. Хрунов и А. Елисеев) в открытом космосе – 37 минут. Экспериментальные результаты полетов КК «Союз-4» и «Союз-5» определили новый этап в развитии космических исследований.

Евгений Хрунов был дублером при подготовке к полетам КК «Союз-7», ОПС «Алмаз», ДОС «Салют», КК «Союз-38» по программе «Интеркосмос». В декабре 1980 года Е.В. Хрунов был уволен из отряда космонавтов и продолжил службу в Министерстве обороны СССР. После увольнения в 1989 году из рядов Вооруженных сил СССР (в звании полковника), принимал участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Затем работал заместителем генерального директора, директором московского представительства межхозяйственного объединения «Консорциум «Содружество», а с 1991 года – президентом научно-производственной ассоциации «К.Э.М.Т.».



Е.В. Хрунов и Хосе Арнадо Лопес Фалькон (Куба) – дублирующий экипаж «Союз-38».
Тренировка на тренажере станции «Салют-6» по кино- и фотоподготовке

В 1971 году Евгений Васильевич защитил диссертацию с присуждением степени кандидата технических наук. Тема диссертации связана с биомеханикой работы человека в условиях космического пространства. Затем защитил диссертацию на соискание степени доктора технических наук и получил звание академика Академии космонавтики России. Он автор и соавтор научных книг «Человек – оператор в космическом полете» (1974), «Экспериментальная психология в космических исследованиях» (1976), «Покорение невесомости» (1976), «Астрономическая навигация пилотируемых космических кораблей» (1976), «На орбите вне корабля» (1977), «Оптические исследования в космосе» (1979); научно-фантастических книг «Путь к Марсу», «На астероиде», «Здравствуй, Фобос!»; автобиографической книги «Космос – впереди ясная цель».

Награжден медалью «Золотая Звезда» Героя Советского Союза, орденами Ленина и Красной Звезды, а также одиннадцатью юбилейными медалями и двумя болгарскими медалями. Академия наук СССР наградила его Золотой медалью имени К.Э. Циолковского. Был заслуженным мастером спорта СССР.

Евгений Васильевич Хрунов скончался 19 мая 2000 года от сердечного приступа. Похоронен в Москве на Останкинском кладбище.

В.В. САМАРИН
кандидат технических наук

ТРИ ВЫСОТЫ ГЕОРГИЯ ТИМОФЕЕВИЧА БЕРЕГОВОГО (К 45-ЛЕТИЮ ПОЛЕТА)

Three Heights of Georgy Beregovoy (To the 45-Year Anniversary of Spaceflight)

26 октября 2013 года исполнилось 45 лет со дня космического полета Георгия Тимофеевича Берегового на корабле «Союз-3» – единственного из космонавтов, кто пришел в отряд уже Героем Советского Союза. Первую Золотую Звезду он получил 26 октября 1944 года, будучи летчиком-штурмовиком. Три раза был сбит, ранен, горел в самолете на Курской дуге, но возвращался в строй. После войны Г.Т. Береговой стал летчиком-испытателем ГКНИИ ВВС. В отряд космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина пришел 21 января 1964 года полковником и стал летчиком-космонавтом. После трагической гибели космонавта Владимира Комарова в пилотируемых полетах наступила пауза. Первым после нее на орбиту на корабле «Союз-3» отправился Георгий Тимофеевич Береговой. В апреле 2013 года ему бы исполнилось 92 года.



Г.Т. Береговой – участник ВОВ

Три высоты взял в своей жизни Георгий Тимофеевич Береговой. Восхождение на первую из них в качестве боевого летчика начал 25 июня 1941 года в разведывательном авиаполку сразу же после окончания Ворошиловградской школы военных летчиков имени Пролетариата Донбасса.

Участие в боевых действиях принял с июня 1942 года. Был рядовым летчиком, затем – командиром звена, заместителем командира эскадрильи. Воевал на Калининском, Центральном, Степном, 1-м и 2-м Украинских фронтах. Начинал с Калининского фронта в 3-й Воздушной армии, которой командовал М.М. Громов в дивизии Г.Ф. Байдукова. Первый вылет совершил под Ржевом.

Половину войны прошел с боевыми друзьями в 5-м Гвардейском авиационном корпусе, которым командовал Герой Советского Союза Н.П. Каманин. Участвовал в освобождении Польши, Румынии, Венгрии, Чехословакии. Последний 186-й боевой вылет совершил 10 мая 1945 года под чешским городом Брно.

Почти всю Великую Отечественную войну Георгий Береговой летал на штурмовиках Ил-2. В годы войны летчики 90-го Гвардейского ШАП часто сопровождалась летчиками-истребителями 180-го Гвардейского истребительного авиаполка, один из которых, Петр Панченко, стал близким другом Георгия Берегового.

После войны Береговой начал восхождение на вторую высоту, став летчиком-испытателем. В 1945 году окончил высшие офицерские курсы, а в 1948 году и курсы летчиков-испытателей. В 1948–1964 годах работал летчиком-испытателем ГКНИИ ВВС в качестве испытателя. Освоил 63 типа самолетов. Без отрыва от основной работы в 1956 году окончил Военно-воздушную академию (ныне имени Ю.А. Гагарина). 14 апреля 1961 года был удостоен звания «Заслуженный летчик-испытатель СССР».

Но в истории человечества стартовала пилотируемая космонавтика, а значит появилась на горизонте новая вершина. Из четырех летчиков-испытателей, проходивших медицинскую комиссию, только один – полковник Береговой был признан годным к космическим полетам. Но мандатная комиссия решила не рекомендовать Берегового в число слушателей. Хотя было бы неплохо послать в космический полет опытного летчика-испытателя, но Береговому было уже 43 года, а по приказу министра обороны предельный возраст для слушателей-космонавтов – 35 лет. Неоценимую помощь оказал Н.П. Каманин, знавший летчика-фронтовика еще с войны. Он помог урегулировать вопрос с возрастным цензом.

В январе 1964 года Георгий Тимофеевич был зачислен в отряд космонавтов (Группа ВВС № 2 (дополнительный набор) и прошел полный курс подготовки по кораблям типа «Союз». Георгий Береговой был самым старшим среди советских военных летчиков, пришедших в космонавтику. Коллеги называли его «дедом».

23 апреля 1967 случилась трагедия, которая резко изменила жизнь отряда космонавтов. «Союз-1» с Владимиром Комаровым разбился при посадке. В начале 1968 года мы потеряли Гагарина. Оба произошедших события наложили свой отпечаток на предстоящий полет.

26–30 октября 1968 года Георгий Тимофеевич совершил космический полет на космическом корабле «Союз-3». В полете была совершена попытка стыковки с беспилотным кораблем «Союз-2» в тени Земли, но выполнить ее не удалось.

Корабли дважды сближались на расстояние до 30 метров, после чего автоматика уводила корабли в стороны. Большой расход топлива при ручном пилотировании вынудил космонавта отказаться от дальнейших попыток сближения.

Космонавт описал процесс стыковки и объяснил причину неудачи. Он пытался сблизиться с беспилотным «Союзом-2», ориентируясь на сигнальные огни, но на дальности в 30 метров понял, что корабль следует перевернуть. Космонавт решил исправить положение. Всего одна случайная ошибка, вызванная плохой координацией вследствие адаптационного периода, повлекла за собой невозможность дальнейшего сближения. Время было упущено, а топливо израсходовано, поэтому дальнейшие маневры становились опасными.



Г.Т. Береговой и Н.П. Каманин
на пресс-конференции



Во время подготовки
по программе «Союз».
Будущие руководители ЦПК
В.А. Шаталов и Г.Т. Береговой



Во время визита в ЦПК Г.Ф. Байдукова
и М.М. Громова, 1982 г.
Г.Т. Береговой – начальник Центра

Полет продолжался 3 суток 22 часа 50 минут 45 секунд. За совершение космического полета 1 ноября 1968 года Георгий Тимофеевич был награжден второй медалью «Золотая Звезда» Героя Советского Союза.

Значение полета «Союза-3» сложно переоценить. Он стал первой попыткой состыковать корабли в открытом космосе. Особенно смущало конструкторов, испытателей и специалистов требование проведения стыковки на затененном участке орбиты. Учитывая процесс адаптации к условиям космиче-

ского полета, совершить подобную операцию было практически невозможно. Несмотря на то что выполнить стыковку не удалось, Береговой привез на Землю ценный опыт и замечания, которые затем были учтены в последующих полетах.

В 1972–1987 годах Береговой руководил Центром подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Умелый организатор и воспитатель, человек, умудренный большим жизненным и профессиональным опытом, он продолжал осваивать космос, воспитывая молодых. В осуществленных за эти годы пилотируемых космических полетах, в обширной программе выполненных в ходе их исследований, испытаний и экспериментов немалая доля труда и Г.Т. Берегового. Он защитил кандидатскую диссертацию в Институте физической культуры имени Лесгафта в 1980 году и получил степень кандидата психологических наук. В 1987 году в звании генерал-лейтенант авиации ушел в отставку.

Три высоты взял в своей жизни летчик-штурмовик, летчик-испытатель, летчик-космонавт Георгий Тимофеевич Береговой, но все же главной он считает первую.

В дальнейшем Г.Т. Береговой вел большую общественную работу, особенно много внимания уделял воспитанию подрастающего поколения. Он автор книг: «Угол атаки» (1971), «Земля–стратосфера–космос» (1969), «Грань мужества» (1982), «Небо начинается на Земле» (1976), «По зову сердца» (1981), «О времени и о себе» (1982), «Космос–землянам» (1983), «Три высоты» (1986).



Г.Т. Береговой
и космонавты социалистических стран –
участники программы «Интеркосмос»

Скончался Георгий Тимофеевич 30 июня 1995 года во время операции на сердце. Похоронен в Москве на Новодевичьем кладбище.

В.В. САМАРИН
кандидат технических наук

80 ЛЕТ ЦЕНТРУ КЕЛДЫША

The 80-Year Anniversary of Keldysh Research Center

В 2013 году ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» отметил свое 80-летие. Постановлением Совета труда и обороны СССР от 31 октября 1933 года № 104 была создана первая в стране и мире государственная ракетная организация – Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ), преемником которого является Центр Келдыша. (Ныне ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»).

В короткий срок РНИИ стал научно-исследовательской и опытно-конструкторской организацией, в которой органически сочетались научные исследования с проектированием, изготовлением и испытанием ракет и ракетных снарядов, летательных аппаратов и двигателей для них.

Впоследствии институт был несколько раз переименован. В 1995 году переименован в ФГУП «Центр Келдыша», а в 2008 году ему присвоен статус Государственного научного центра.

Институт является родоначальником ряда ведущих организаций и ОКБ. В 1992 году институт вошел в состав Российского космического агентства (Роскосмос).

В настоящее время Центр Келдыша – многопрофильное головное предприятие ракетно-космической отрасли по ракетному двигателестроению и космической энергетике. В ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» осуществлены масштабные космические проекты исследовательского, оборонного и народно-хозяйственного назначения.

Диапазон тем Центра Келдыша огромен. В нем разработана серия электроракетных двигателей различных типов, широкого диапазона мощности и повышенного удельного импульса, ведется работа по созданию ионных двигателей, накоплен большой опыт работ по тематике электромагнитных волн с плазменными образованиями. Одновременно с вышперечисленными проектами Центр Келдыша обращает внимание на создание экологически безопасных технологий и процессов. Проводятся изыскания по очистке природы и опреснения морских вод до уровня питьевой воды, по очистке сточных вод промышленных предприятий, а также исследования наноматериалов. За разработку новых видов вооружения Центр Келдыша награжден орденом Красной Звезды. Специалисты Центра Келдыша участвуют в деятельности российских и зарубежных научно-технических организаций. Среди сотрудников Центра Келдыша много лауреатов Государственных премий, премий Правительства РФ, заслуженных деятелей науки.

Все достижения Центра Келдыша за 80 лет – это результат огромной творческой деятельности нескольких поколений его сотрудников, результат тесного взаимодействия с коллегами и партнерами как в России, так и зарубежом.

О.Ф. БОНДАРЕНКО
заведующая НТБ

**25-ЛЕТИЕ ПОЛЕТА
МНОГОРАЗОВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
«ЭНЕРГИЯ–БУРАН»**

**The 25-Year Anniversary of the Flight of “Energia–Buran”
Reusable Space Transportation System**

Ракета-носитель «Энергия» с кораблем «Буран» стартовала с космодрома Байконур 15 ноября 1988 года. Это был первый и единственный полет орбитального корабля (ОК) «Буран» и второй полет «Энергии» (первый состоялся 15 мая 1987 года). Общее время полета ОК «Буран» составило 206 минут. Орбитальный корабль совершил почти два витка вокруг Земли. Вход в атмосферу прошел нормально, датчики в носовой части фюзеляжа зарегистрировали максимальную температуру 907 °С. ОК «Буран» коснулся посадочной полосы в расчетном месте при скорости 260 км/ч и остановился, пробежав всего 1620 м. Впервые в мировой практике орбитальный корабль произвел полностью автоматическую посадку по-самолетному, причем, в неблагоприятных условиях, когда порывы ветра у Земли достигали 17 м/с.

Двенадцатилетняя программа создания многоразовой космической системы (МКС) «Энергия–Буран» была самой масштабной в истории отечественной космонавтики. Это был реванш за проигранную лунную гонку и за опоздание с запуском многоразового космического корабля. Успешный полет ОК «Буран» вызвал у каждого гражданина гордость за свою страну.

Работы по созданию тяжелой транспортно-космической системы с многоразовым орбитальным кораблем начались в 1974 году после назначения В.П. Глушко на пост главного конструктора Научно-промышленного объединения (НПО) «Энергия». Им была предложена комплексная ракетно-космическая программа, предусматривающая разработку средств выведения для развертывания и обеспечения лунной базы. Однако Министерство обороны интересовал проект, аналогичный американскому «Спейс Шаттл».

Успешному полету ОК «Буран» предшествовала длительная отработка траектории оптимального спуска с орбиты беспилотных орбитальных ракетопланов «БОР» в условиях высоких тепловых и аэродинамических нагрузок. Работы по теме «БОР» начались в ЛИИ им. М.М. Громова в 1965 году. Основной целью проведения летных исследований было создание орбитального самолета (ОС) «Спираль», разработка которого велась ОКБ-155 под руководством А.И. Микояна. Рассматривался вариант запуска «Спирали» в космос с помощью ракеты-носителя, используемой для выведения космических кораблей «Союз». Министерство обороны проект «Спираль» не одобрило, и в 1967 году проект был приостановлен.

Через 9 лет, 12 февраля 1976 года, выходит Постановление Правительства № 132-51 «О создании многоразовой космической системы в составе разгонной ступени, орбитального самолета, межорбитального буксира-корабля, комплекса управления системой, стартово-посадочного и ремонтно-восстановительного комплексов и других наземных средств, обеспечивающих выведение на северовосточные орбиты высотой 200 км полезных грузов массой до 30 т и возвращения с орбиты грузов массой до 20 т». Этот документ открыл финансирование новой космической программы и определил Министерство обороны СССР основным заказчиком, а НПО «Энергия» – головным разработчиком.

Работы разворачивались достаточно быстро. Следующее Постановление Правительства за № 1006-323 от 21 ноября 1977 года уже четко определило коо-

перацию и назначило сроки и задачи пусков. Ракета-носитель «Энергия» создавалась в НПО «Энергия», а на Министерство авиационной промышленности (МАП) была возложена задача создания планера орбитального корабля «Буран». Для выполнения этой задачи было образовано специализированное предприятие – НПО «Молния», ставшее головным разработчиком планера ОК «Буран». В качестве основной производственной базы был выбран Тушинский машиностроительный завод. НПО «Молния» возглавил опытейший конструктор Глеб Лозино-Лозинский. Всего в создании этой системы принимали участие 86 министерств и ведомств и 1286 предприятий Советского Союза.

В соответствии с решением Комиссии Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам № 349 от 18.12.1976 г., задача проведения летно-космической подготовки экипажей и организация подготовки экипажей в целом возлагалась на ЦПК им. Ю.А. Гагарина совместно с 8 ГНИКИ (ВВС) и НПО «Молния» (МАП) с участием НПО «Энергия» Министерства общего машиностроения (МОМ).



Фото 1. Группа 6-го набора на занятиях по фотоподготовке, 1978 г.
Внизу слева направо: Васютин В.В., Иванов Л.Г., Каденюк Л.К., Волков А.А.,
Москаленко Н.Т., Титов В.Г.
Вверху слева направо: Салей Е.В., Протченко С.Ф., Соловьев А.Я.

Приказом ГК ВВС № 0686 от 23.08.1976 г. в отряд космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина назначены девять летчиков ВВС, из которых была сформирована очередная 6-я группа непосредственно для подготовки по программе «Буран» (Фото 1).

Пять человек из этого набора выполнили космические полеты. Это летчики-космонавты СССР: Герои Советского Союза генерал-лейтенант В.В. Васютин (1), полковники В.Г. Титов (4), А.А. Волков (3), А.Я. Соловьев (5); космонавт Л.К. Каденюк выполнил полет на «Шаттле» и стал космонавтом номер один Украины, генерал-майором. Космонавт В.Г. Титов два полета из четырех выполнил на американском «Шаттле».

В 1979 году принимается решение по созданию и началу подготовки группы летчиков-испытателей для проведения испытаний ОК «Буран». Одновременно проводится анализ возможностей ОК МКС в военных целях.

Начиная с 1982 года, все кандидаты в космонавты, независимо от их ведомственной принадлежности, проходят общекосмическую подготовку на базе ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Все они прикомандировываются на период общекосмической подготовки к отряду космонавтов ЦПК. После сдачи Государственных экзаменов кандидатам в космонавты решением Межведомственной квалификационной комиссии присваивается квалификация «космонавт-испытатель» или «космонавт-исследователь» с выдачей соответствующего удостоверения.

Объединенная группа космонавтов-испытателей была организована в 1982 году совместным решением НПО «Энергия», НПО «Молния», ВВС и утверждена Военно-промышленной комиссией (ВПК) в составе:

Летчики	Испытатели
1. Волк И.П. МАП	1. Лебедев В.В. МОМ
2. Левченко А.С. МАП	2. Иванченков А.С. МОМ
3. Станкявичус Р.А. МАП	3. Баландин А.Н. МОМ
4. Шукин А.В. МАП	4. Лавейкин А.И. МОМ
5. Бачурин И.И. ВВС	5. Степанов Э.Н. ЦПК
6. Соковых А.М. ВВС	6. Илларионов В.В. ЦПК
7. Мосолов В.Е. ВВС	
8. Бородай А.С. ВВС	
9. Волков А.А. ЦПК	
10. Салей Е.В. ЦПК	

В период с октября 1982 года по 1985 год с группой проведено 3500 часов по технической подготовке в соответствии с программами подготовки НПО «Энергия» и НПО «Молния», согласованными с ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Ответственность за организацию подготовки в целом возлагалась на ЦПК.

В 1984 году в существующую группу для подготовки по программе «Буран» были включены: от 8 ГНИИ ВВС космонавт-испытатель Л.К. Каденюк и от ЦПК космонавт-испытатель Н.Н. Фелелов. Решением Межведомственной комиссии по отбору космонавтов 2 сентября 1985 года была зачислена кандидатами в космонавты для подготовки к полетам по программе «Буран» группа летчиков 8 ГНИИ ВВС – В.М. Афанасьев, А.П. Арцебарский, Г.М. Манаков и ЛИИ МАП – В.В. Заболотский, У.Н. Султанов, М.О. Толбоев, С.Н. Тресвятский и Ю.П. Шеффер. В 1985 году группа начала общекосмическую подготовку в ЦПК методом сборов. Работы по подготовке космонавтов по данной программе были возложены на отдел, возглавляемый В.Ф. Быковским. Из этой группы космонавтов первые трое



Фото 2. Волк И.П., Савицкая С.Е.,
Джанибеков В.А. у тренажера КК «Союз»

в последующем выполнили космические полеты.

В 1987 году на базе этого отряда ЛИИ был создан Отраслевой комплекс подготовки космонавтов-испытателей (ОКПКИ). Начальником комплекса был назначен И.П. Волк, его заместителем А.С. Левченко. В комплекс вошел отряд космонавтов-испытателей в составе: Р.А. Станкявичус (командир), А.В. Щукин (зам. командира), В.В. Заболотский, У.Н. Султанов, М.О. Толбоев, С.Н. Тресвятский, Ю.П. Шеффер, Ю.В. Приходько. Все они прошли курс общекосмической подготовки в ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Именно эти летчики выполнили основной объем летных исследований и испытаний. Двое из них –

И.П. Волк (1984, фото 2) и А.С. Левченко (1987) – успешно совершили космические полеты в качестве космонавтов-исследователей на кораблях «Союз-Т» и орбитальных станциях «Салют-7» и «Мир».

Всего в ЦПК им. Ю.А. Гагарина прошли общекосмическую подготовку и подготовку в группах 35 человек. Кроме того, Центр подготовил 13 космонавтов-спасателей в рамках программы «Буран».

Приоритетными направлениями для Центра являлись не только организация и проведение подготовки летчиков-испытателей, но и обоснование состава, основных характеристик и требований к учебно-тренировочному комплексу. В период с 1984 по 1986 годы были разработаны проекты на тренажеры сближения и стыковки, посадки, пилотажно-навигационной системы, манипуляторов, учебно-тренировочный макет, а также ряд тренировочных стендов, касающихся безопасности полетов, аварийности режимов спуска и посадки и др.

В США полномасштабная разработка «Спейс Шаттл» началась в 1972 году. Первый запуск ОК «Колумбия» состоялся 12 апреля 1981 года (ровно через 20 лет после полета Ю.А. Гагарина). Затраты на разработку превысили 12 млрд долларов США, а стоимость одного пуска достигала 500 млн долларов. Американский «Спейс Шаттл» мог работать только в пилотируемом режиме. Советский «Буран» мог летать в беспилотном режиме, а в отношении безопасности и универсальности даже превосходил «Спейс Шаттл». В отличие от американцев советские специалисты не строили иллюзий по поводу экономичности многоразовой космической системы. Расчеты показывали, что одноразовая система гораздо эффективнее. Однако при создании ОК «Буран» прежде всего руководствовались решением военных задач. С окончанием холодной войны этот аспект отошел на второй план.

Штатный ОК «Буран» без экипажа должен был полететь в 1984 году. К первому полету «Колумбии» стало ясно, что мы не успеваем, и дату пуска нашей системы сместили на юбилейный 1987 год. По свидетельству Г.Е. Лозино-Лозинского, уже после полета ОК «Буран» стало ясно, что первый полет будет для него и по-

следним, поэтому детальная послеполетная дефектация корабля не проводилась. После выполнения на ОК «Буран» ремонтно-восстановительных работ и работ по подготовке к транспортировке корабля на самолете-носителе Ан-225 «Мрия» он был представлен на Парижском авиашоу в 1991 году. Одновременно с этим были значительно замедлены, а затем и заморожены работы как на изделии 1.02 на Байконуре, так и на изделии 2.01 в цехах Тушинского механического завода.

Сокращение ассигнований на развитие космонавтики, потеря интереса к орбитальным самолетам в связи с выработкой Министерством обороны новой военной доктрины, общее экономическое положение страны – все это заставило отказаться от намеченных планов. Работы по программе «Энергия–Буран» были приостановлены в 1990 году. После распада СССР было принято решение о прекращении работ по МКС «Энергия–Буран» и консервации объектов инфраструктуры. В 1993 году программа была окончательно закрыта. Один из ОК «Буран», использовавшийся для прочностных испытаний, стал аттракционом в Центральном парке в Москве. Летные экземпляры были законсервированы. В упадок приходит стартовый комплекс многоразовой космической системы на Байконуре. В 1995 году закончились все регламентные ресурсы на системы и оборудование ОК «Буран». Единственный летавший в космос космический корабль многоразового использования «Буран» был разрушен в 2002 году рухнувшей крышей ангара монтажно-испытательного корпуса на Байконуре.

Всего в программе «Энергия–Буран» принимали участие около 15 миллионов наиболее квалифицированных и талантливых советских людей. С уверенностью можно сказать, что создатели и конструкторы МКС достигли неповторимых вершин для своего времени. Достижения и труд, которые были вложены в создание МКС, воплощены в современной космической технике. Что касается военного аспекта системы, то МКС «Энергия–Буран» закрыла программу «звездных войн». Реализация проекта «Энергия–Буран» дала сотни новых технологий, многие из которых используются и в настоящее время. Через какое-то время мы вернемся к орбитальным самолетам, но на новом технологическом уровне.

В.В. САМАРИН
кандидат технических наук

50 ЛЕТ ИНСТИТУТУ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

50 Years of Institute of Biomedical Problems

28 октября 1963 года Государственному научному центру Российской Федерации Институту медико-биологических проблем Российской академии наук исполнилось 50 лет.

На основании Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 1106-399 и приказа Министра здравоохранения СССР от 04.11.1963 г. № 79 был создан Институт космической биологии и медицины Министерства здравоохранения СССР, который в 1965 году был переименован в Институт медико-биологических проблем (ИМБП) и являлся головным учреждением страны по проблемам космической биологии и медицины. С 1994 года Институт имеет статус Государственного научного центра Российской Федерации, с 2001 года входит в систему научных учреждений Российской академии наук.

Инициатива по созданию Института принадлежала академикам М.В. Келдышу и С.П. Королёву.

В различные годы Институт возглавляли академики А.В. Лебединский, В.В. Парин, О.Г. Газенко, А.И. Григорьев. В настоящее время его директором является член-корреспондент РАН И.Б. Ушаков.

Основными направлениями деятельности ИМБП являются:

- исследования в области космической биологии, физиологии и медицины; экологической, экстремальной, спортивной, авиационной, высокогорной физиологии и медицины; гравитационной физиологии; биологических, физико-химических и комплексных систем жизнеобеспечения; клеточной физиологии; биотехнологии; психофизиологии; инженерной психологии и эргономики; радиобиологии; магнитобиологии; экзобиологии;
- медико-биологическое обеспечение полетов космических аппаратов, включая вопросы экологической и радиационной безопасности;
- проведение исследований в области барофизиологии и водолазной медицины; воздействие на организм искусственных дыхательных смесей; гигиена и эпидемиология гермообъектов;
- изучение функциональных резервов организма и механизмов адаптации к воздействию различных факторов внешней среды, физиология здорового человека; медицинские проблемы опасных профессий;
- внедрение результатов исследований в клиническую медицину и народное хозяйство;
- телемедицина.

На основании результатов проведенных в ИМБП комплексных наземных и летных исследований и испытаний была научно обоснована, разработана и успешно апробирована система средств и методов, обеспечивающих безопасность и профессиональную деятельность космических экипажей. Эта система эффективно использовалась в кратковременных и длительных космических полетах экипажей на космических кораблях «Союз», орбитальных станциях «Салют» и «Мир», а в настоящее время взята за основу и получает дальнейшее развитие в рамках работы экипажей на борту Международной космической станции (МКС). ИМБП отвечает за организацию и проведение медико-биологических научных исследований и экспериментов на российском сегменте МКС, биомедицинских и биотехнологических исследований и экспериментов на автоматических космических аппаратах (серии «БИОН» и «ФОТОН»), а также комплексных наземных экспериментов, закладывающих основу обеспечения медико-биологической поддержки будущих межпланетных экспедиций, в том числе на Марс.

Фундаментальные исследования, проводимые Институтom, позволили установить закономерности адаптации человека к действию факторов космического полета, выявить физиологические изменения, происходящие в различных органах и тканях, изучить молекулярные и клеточные механизмы функционирования живых систем различного уровня организации в условиях невесомости и при действии других экстремальных факторов. Полученные уникальные данные легли в основу создаваемых средств профилактики для пилотируемой космонавтики и инновационных разработок для практического здравоохранения. В Институте разработаны специальные бортовые средства и методы оказания медицинской помощи при возникновении широкого круга возможных заболеваний и травм в полете. До и во время полета широко используются средства и методы профилактики воздействия на организм неблагоприятных факторов космического полета.

ИМБП является разработчиком оборудования для оснащения систем жизнеобеспечения и медико-биологической научно-исследовательской техники, необходимой для обеспечения космических полетов. Изготовлены (в Специальном конструкторском бюро экспериментального оборудования при ИМБП) и поставлены на МКС велотренажер, бегущая дорожка и комплект оборудования для физических упражнений на борту станции. Разработан и проходит испытания перспективный многофункциональный тренажер нового поколения, предназначенный для МКС.

В ИМБП создана уникальная стендовая база:

- наземный экспериментальный комплекс для проведения исследований по пребыванию человека в условиях длительной изоляции и искусственной среды обитания;

- центр физиологических испытаний;
- специальные стенды для изучения и имитации физиологических и биологических эффектов невесомости и других факторов космического полета;
- центрифуги с радиусами плеч 2 и 9 м;
- глубоководный водолазный комплекс для имитации погружения человека на глубину до 250 м.

В Институте работают базовые кафедры четырех вузов, аспирантура и докторантура, два диссертационных совета, издается журнал «Авиакосмическая и экологическая медицина».

Международные научно-технические связи ГНЦ РФ–ИМБП РАН осуществляются в рамках сотрудничества с космическими агентствами и научными учреждениями США, Франции, Германии, Канады, Японии, Австрии, Италии, Болгарии, Венгрии и ряда других стран.

К 40-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГЛАВНОЙ ОПЕРАТИВНОЙ ГРУППЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ

To the 40-Year Anniversary of the Establishment of the Lead Operations Control Team

Дорогие сотрудники Главной оперативной группы управления полетами!

Руководство, летчики-космонавты, коллектив ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» сердечно поздравляет вас со знаменательной датой – 40-летием со дня образования Главной оперативной группы управления полетами.

11 октября 2013 года исполнилось 40 лет со дня образования профессиональной службы управления полетами космических кораблей и орбитальных станций.

В этот день в 1973 году приказом главного конструктора ЦКБЭМ Мишина В.П. была реорганизована структура комплекса № 07, в которую вошли отделы планирования полета космических аппаратов, анализа работы бортовых систем, подготовки космонавтов, тренажно-моделирующих стендов и отдел курирования командно-измерительных бортовых и наземных систем. Руководителем комплекса был назначен космонавт Елисеев Алексей Станиславович.

Реорганизация была проведена по плану подготовки к совместной советско-американской программе «Союз–Аполлон».

Была разработана новая структура ГОГУ – Главной оперативной группы управления полетами. Большой вклад в разработку этой структуры внесли Елисеев А.С., Благов В.Д., Кравец В.Г., Цыбин С.П., Судаченко А.Л. и другие ведущие специалисты.

Эта структура впервые имела строгую схему единоначалия на всех уровнях. Появилось и понятие «Руководитель полета», заимствованное из авиации. Руководителю полета оперативно подчиняются все службы, обеспечивающие подготовку и управление полетом, независимо от ведомственной принадлежности.

К началу тренировок ГОГУ по программе «Союз–Аполлон» Руководителем полета по решению Госкомиссии был назначен Елисеев А.С.

Реорганизации подверглась и наземная инфраструктура.

С появлением программы «Союз–Аполлон» в качестве нового Центра управления полетами был выбран координационно-вычислительный центр ЦНИИмаш в г. Калининграде. Это был информационный центр Министерства общего машиностроения – головного космического министерства.

К 1973 году здесь сосредоточились самые современные вычислительные средства, средства связи, был построен главный зал с гигантскими экранами. Информационный центр по ТЗ ЦКБЭМ был дооснащен средствами обработки ТМ-информации, индивидуальными средствами отображения, автоматизированной системой выдачи команд на борт корабля, средствами связи с экипажем, телевидением, средствами связи с НИПами, средствами связи с американским Центром управления полетами.

Глубокой модернизации подверглись и наземные НИПы: на них были установлены оконечные средства автоматизированного приема пакетов команд, их хранения и выдачи на борт в сеансе связи, системы приема цветного телевидения, системы спутниковой связи для обмена информацией с Центром управления полетами. Для передачи широкополосной телеметрии и цветного телевидения с основных НИПов в г. Евпатории и г. Щелкове были построены наземные широкополосные каналы связи.

На территории ЦКБЭМ был создан комплексно-моделирующий стенд (КМС) для обеспечения совместных тренировок персонала управления, связанный с российским и американским центрами управления каналами связи. ЦУП был также связан каналами обмена информацией с Центром подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

Модернизация средств управления полетом значительно расширила возможности ГОГУ и повысила надежность управления полетами.

Подготовке персонала и экипажей к этому полету было уделено особое внимание. Например, совместные тренировки продолжались почти полгода вместо стандартных двух недель для кораблей «Союз». Им предшествовала длительная сессия автономных тренировок персонала без участия партнеров.

Программа «Союз–Аполлон» позволила приобрести первый опыт совместного управления полетом с зарубежным партнером.

Выработанные на этой программе основные принципы и правила проведения полета легли в основу технологии совместного управления полетом при проведении международных программ.

За ЭПАСом наступила эпоха долговременных орбитальных станций «Салют», «Мир», МКС. Нужно было перестраивать технологию управления полетом, совершенствовать методы выполнения полетных операций.

Главными проблемами были следующие:

- автоматизация планирования полета, анализа работы бортовых систем, подготовки и формирования цифрового обмена информацией персонала ЦУПа и бортового управляющего цифрового комплекса;
- обеспечение непрерывного процесса управления полетом в течение длительного времени;
- организация работы экипажа на станции в течение полета экспедиций продолжительностью от двух до шести месяцев и более;
- организация работы наземного персонала при длительном полете;
- обеспечение непрерывной работы КИКа и ЦУПа в течение всего полета без перерывов на ремонты, профилактики и модернизации.

Новая программа потребовала создания постоянной профессиональной службы управления полетами, организации подготовки кадров для этой специальности в вузах и на предприятии. Все эти проблемы были успешно решены.

Апофеозом этой программы можно по праву считать не имеющий прецедента в мировой практике 15-летний полет станции «Мир» – станции четвертого поколения. Отработанная на станции «Мир» технология управления полетом используется сегодня при управлении полетом МКС. Основные полетные операции будущей МКС были отработаны в процессе этапа «Мир–Шаттл» и «Мир–НАСА» в 1995–1998 гг., такие как:

- девять стыковок орбитального корабля «Шаттл» и комплекса «Мир»;
- семь длительных полетов американских астронавтов в составе объединенного экипажа;
- технические операции в состыкованном состоянии «Шаттла» и «Мира»;
- технология управления совместным полетом «Мира» и «Шаттла» персоналом двух Центров управления полетами: ЦУП-М (г. Калининград) и ЦУП-Х (г. Хьюстон).

Это была хорошая школа подготовки к управлению МКС. Она дала возможность нашим и американским специалистам получить значительный опыт организации международных полетов из двух Центров управления. ГОГУ совместно с партнерами уже 13 лет успешно управляет полетом МКС, постоянно совершенствуя технологию управления.

Благодаря целеустремленности, творческому поиску, умению бережно хранить традиции, специалисты ГОГУ накопили большой опыт по управлению космическими полетами, добились грандиозных успехов в осуществлении самых смелых планов и идей. Таких уникальных специалистов сегодня нет ни в одной области человеческой деятельности.

От всей души желаем всем вам крепкого здоровья, счастья, радости, добра, неиссякаемого энтузиазма, благополучия и дальнейшего процветания.

*С уважением,
начальник Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина
Герой Советского Союза
Герой Российской Федерации
летчик-космонавт СССР
С.К. КРИКАЛЁВ*

40 ЛЕТ ЦЕНТРУ ТРЕНАЖЕРОСТРОЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА

The 40-Year Anniversary of the Space Simulator Center

В сентябре 2013 года Центр тренажеростроения и подготовки персонала (Донской филиал – в г. Новочеркасск Ростовской области) отметил сразу два юбилея. 40 лет исполнилось со дня основания ОКБ СУ, которое в дальнейшем получило название и известность как ОКБТБ «Орбита» при Новочеркасском политехническом институте, 20 лет – его преемнику – Центру тренажеростроения и подготовки персонала.

Центр тренажеростроения (ЦТ) был создан в 1973 году, а уже в 1975 году Постановлением Совета Министров СССР ему было поручено создание тренажерно-моделирующего комплекса для подготовки космических экипажей в ЦПК имени Ю.А. Гагарина.

Сегодня Центр тренажеростроения – уникальное предприятие в России. Оно по-прежнему является головной организацией по созданию тренажерной базы для Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Деятельность предприятия дважды (в 1987 и в 2004 гг.) удостоивалась высшей оценки в стране – Государственной премии в области науки и техники.

На счету новочеркасских конструкторов и ученых более 30 сложнейших объектов тренажерной техники, позволивших подготовить более 200 экипажей космонавтов и астронавтов. Это – реальный вклад Центра тренажеростроения в решение приоритетных национальных российских и международных программ развития пилотируемой космонавтики.

На предприятии есть все для выполнения сложнейших задач инновационного характера. Центр может реализовывать законченный цикл – «от идеи до внедрения». Иметь и развивать собственную производственную базу – принципиальная позиция руководства ЦТ. Изготовление, а не только разработка изделий позволяет гарантировать качество конечного результата, создавать объект таким, каким его хотел бы видеть заказчик. Время лишь подтвердило правильность выбранной когда-то стратегии.

За последние 20 лет, в период своей «новейшей истории», Центру тренажеростроения удалось шагнуть далеко вперед. И все эти годы развивалось сотрудничество двух центров: Центра тренажеростроения и Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, ставшее стратегическим партнерством, проверенным временем. В результате – пять поколений тренажерных комплексов, включающих более десятка уникальных космических тренажеров, тренажерных комплексов, функционально-моделирующих стендов и учебно-тренировочных макетов пилотируемых космических аппаратов, на которых космонавты на Земле учатся летать в космос. Созданная Центром тренажерная база обеспечила и обеспечивает ныне подготовку космонавтов по программам: «Салют», «Мир», «Мир-НАСА», «Мир-Шаттл», «МКС».

В процессе долговременного сотрудничества была предложена, научно обоснована и реализована на практике новая концепция создания тренажерных комплексов, комплексных и специализированных тренажеров. Разработаны инновационные технологии создания учебно-тренировочных макетов ПКА, которые позволяют экономить государственные средства, сокращать сроки создания средств подготовки экипажей, динамично модернизировать технику под конкретные программы и задачи предстоящих космических полетов.

В 2002 году появилось новое направление в работе Центра тренажерострoения, позволившее помимо подготовки космонавтов создавать комплексы для профориентации молодежи – космоцентры, оборудование для школ молодого космонавта, школ космического резерва, аэрокосмических музеев, планетариев. Центр тренажерострoения оборудовал Космоцентры в Звездном городке в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, в Москве в Музее космонавтики, в Нижнем Новгороде, а также за рубежом – в Болгарии.

В связи с двойным юбилеем Центра тренажерострoения хочется пожелать всему коллективу Центра крепкого здоровья, творческих и экономических успехов, неиссякаемого энтузиазма, вдохновения и дальнейшего развития на благо российской космонавтики.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»

Абхазия, 17–28 сентября 2013 года

IX International Scientific and Technical Conference “Information Technologies in Science, Engineering and Education”

Abkhazia, September 17–28, 2013

В сентябре 2005 года в Абхазии состоялась первая Международная конференция «Информационные технологии в науке, технике и образовании». Идея проведения в Абхазии научно-технической конференции сразу же нашла поддержку крупнейших ученых: директора ГНПО «Сухумский физико-технический институт», д.т.н., проф. А.И. Марколини и ректора Абхазского государственного университета, д.ф.-м.н., проф. А.А. Гварамии, которые привлекли к ее участию ученых и представителей государственных организаций Абхазии. Во время проведения конференции в 2005 году обстановка на Кавказе была напряженная, Абхазия формально находилась в состоянии блокады, контакты российских и абхазских ученых были затруднены, и конференция была еще одним шагом к прорыву блокады, к восстановлению связей между учебными и научными учреждениями России и Абхазии. Трое участников первой конференции и председатель Оргкомитета приказом министра обороны РФ были награждены медалью «За укрепление боевого содружества». И в том, что независимость Абхазии в 2008 году была признана Россией, есть вклад и участников конференции, которая теперь проводится ежегодно.

17 сентября 2013 года в Абхазии (г. Пицунда) стартовала уже IX Международная научно-техническая конференция. В конференции приняли участие представители городов России и ближнего зарубежья: Москва, Долгопрудный, Мичуринск, Миасс, Орел, Звездный городок, Королёв, Воронеж, Северодвинск, Екатеринбург, Жуковский, Уфа, Минск.

Рассматривались доклады участников конференции, среди которых 23 доктора наук и более 30 кандидатов наук из 15 вузов и 13 организаций различных отраслей. Делегацию Роскосмоса возглавлял ученый секретарь Роскосмоса д.т.н. Милованов А.Г. На конференции участвовали делегации от ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», ФГУП ЦНИИмаш, РКК «Энергия», ЦЭНКИ и других организаций космической отрасли.

В работе конференции приняли участие руководители ряда организаций РФ: директор Института проблем экономической безопасности и стратегического планирования ФГОБУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», генерал армии д.т.н. А.М. Московский; генеральный директор Федерального центра информатизации Счетной палаты Российской Федерации д.э.н. А.Г. Гончар и другие.

Делегацию от республики Абхазия возглавляли: первый вице-премьер правительства (до 2010 года министр образования) Индира Владимировна Вардания и ректор Абхазского государственного университета Алеко Алексеевич Гварамия.

Особое внимание уделялось ракетно-космической тематике, заслушано более 30 докладов по данному направлению. Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина на конференции представляли: начальник отдела, д.т.н., доцент А.А. Курицын, начальник отдела В.Н. Кирианов, в.н.с., к.т.н. А.А. Митина, начальник отделения Е.В. Попова.

20 сентября в рамках конференции был проведен День абхазской науки. В этот день на конференции заслушивались выступления молодых ученых Республики Абхазия. Специалисты ЦПК рассказали представителям Абхазии о перспективах развития пилотируемой космонавтики, целях и задачах подготовки космонавтов, показали фильм об использовании центрифуг в процессе подготовки космонавтов.

В следующем году планируется проведение десятой научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, технике и образовании». Руководство республики предложило провести юбилейную конференцию в столице Абхазии – городе Сухум.

**15-я ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКИ
В ОСВОЕНИИ ВОЗДУШНОГО И КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА В ТРЕТЬЕМ ТЫСЯЧЕЛЕТИИ»**

пгт. Новый Свет, Крым, Украина, 25 сентября–5 октября 2013 года

**The 15th Annual International Scientific&Practical Conference
“The Role and Significance of Aviation and Astronautics to Explore Aerospace
in the Third Millennium”**

Novy Svet, Krym, Ukraine, September 25–October 5, 2013

С 25 сентября по 5 октября 2013 года на базе филиала ОАО «ЛИИ им. М.М. Громова» – специализированном санатории-профилактории «Полет» (пгт. Новый Свет, Крым, Украина), прошла 15-я ежегодная Международная научно-практическая конференция летчиков-испытателей, космонавтов, ученых, инженеров и специалистов авиационной и ракетно-космической промышленности государств-участников СНГ «Роль и значение авиации и космонавтики в освоении воздушного и космического пространства в третьем тысячелетии».

15-я конференция посвящена 25-летию запуска орбитального корабля «Буран» многоразовой транспортной космической системы в рамках программы «Энергия–Буран», 90-летию отечественного планеризма и 100-летию со дня рождения первого трижды героя Советского Союза А.И. Покрышкина.

В работе конференции приняли участие представители организаций и предприятий авиационной и ракетно-космической промышленности России, Украины, Белоруссии, Казахстана, Азербайджана и др.

На конференции от Российской Федерации участвовали специалисты от ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», ФГУП ЦНИИмаш, РКК «Энергия», ГНПЦ им. Хруничева и его филиала – Воронежского механического завода, ЦЭНКИ, ЛИИ им. М.М. Громова, ОАО «Авиапрома» и других организаций ракетно-космической и авиационных отраслей.

Участники конференции обменялись уникальным опытом и достижениями науки и техники в области авиационной и ракетно-космической промышленности государств-участников СНГ, рассмотрели вопросы истории развития космонавтики и авиации, обеспечения безопасности космических полетов и полетов самолетов, ознакомились с актуальными направлениями исследований.

В соответствии с программой были проведены выездные заседания конференции в городах Севастополь, Судак, Феодосия (встреча с ветеранами ВВС СССР) и Алушка (совместно с администрацией города в музее заслуженного летчика-испытателя СССР Амет-хана Султана).

От Центра подготовки космонавтов на конференции с докладами выступили:

- начальник 54 отдела П.А. Сабуров «Комплекс целевых нагрузок на основе технологии сменных полезных нагрузок на российском сегменте Международной космической станции»;

- начальник 3 отделения 57 отдела к.в.н. В.Н. Дмитриев «Роль космонавтов в совершенствовании космической техники»;

- начальник тренажерного отделения 2 управления О.Е. Захаров (соавторы Игнатъев С.В., Попова Е.В.) «Молодежный образовательный Космоцентр ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» – первый год использования в системе начального космического обучения».

По результатам конференции было принято решение, в одном из пунктов которого было записано: включить в организационный комитет конференции представителей Центра подготовки космонавтов для повышения эффективности работы.

Проведение конференции на базе филиала ОАО «ЛИИ им. М.М. Громова» – ССП «Полет» в пгт. Новый Свет, АР Крым, Украина способствует укреплению деловых взаимосвязей между летчиками-испытателями, космонавтами, учеными, инженерами и специалистами России и стран СНГ и имеет важное политическое значение.

Участие специалистов ЦПК в данной конференции способствует пропаганде достижений российской пилотируемой космонавтики и поддержанию высокого авторитета ЦПК имени Ю.А. Гагарина в российских и зарубежных научно-технических кругах.

В процессе проведения конференции были налажены новые деловые связи с представителями российских организаций (ЦНИИмаш, РКК «Энергия», ЛИИ им. М.М. Громова), а также и организаций авиационной и ракетно-космической промышленности государств-участников СНГ.

**7-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ
«ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА – РОБОТОТЕХНИКА
ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ОПАСНОЙ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

1–3 октября 2013 года, г. Санкт-Петербург

**The 7th International Workshop
“Robotics For Risky Environment – Extreme Robotics”**

1-3 October 2013, St. Petersburg

1–3 октября 2013 в г. Санкт-Петербурге состоялся 7-й Международный симпозиум «Экстремальная робототехника – робототехника для работы в условиях опасной окружающей среды» (7-th IARP RISE-ER'2013), проведенный в рамках VI Петербургского международного инновационного форума.

Данное мероприятие проводится ежегодно и привлекает пристальное внимание специалистов различного профиля в связи с интенсивно развиваемыми в нашей стране и за рубежом различными приложениями робототехники, в том числе, чтобы повысить безопасность персонала опасных производств и лиц опасных профессий, а также эффективность, производительность и гибкость выполняемых работ при действии экстремальных факторов внешней среды и при высокой неопределенности условий выполнения задач. Реализация таких задач, как разведка и спасение людей при чрезвычайных ситуациях, дистанционный контроль динамики изменений состояния среды с помощью мобильных роботов невозможна без решения широкого круга вопросов в области механики, элементной базы робототехнических систем (привода роботов, сенсоры и их комплексирование) автономной и полуавтономной навигации, а также искусственного интеллекта.

На симпозиуме были рассмотрены и обсуждены технологии робототехники и искусственного интеллекта для проведения рискованных операций и контроля окружающей среды, а также перспективные разработки для решения задач, относящихся к следующим областям:

- Инспекция в зонах пожаров, бедствий и разрушений.
- Противодействие угрозам химического, биологического и радиационного загрязнения внешней среды.
- Разминирование.
- Поисковые и спасательные операции.
- Мониторинг космического и воздушного пространства.
- Построение и реконструкция карт окружающей среды.
- Человеко-машинные интерфейсы.
- Дистанционно-управляемые, полуавтономные и автономные роботы.
- Навигация роботов (наземного, морского, воздушного и космического базирования).
- Сетевое взаимодействие группы роботов.

В работе симпозиума принимали участие зарубежные ученые, представившие комплексные решения в области мониторинга окружающей среды. Отличительным признаком новых постановок задач стало использование разнородных структур робототехнических средств (на земле, в воздухе, на разных водных поверхностях), дополняющих друг друга в зависимости от условий применения, в том числе, при групповом использовании роботов.

Применение роботов на космических аппаратах традиционно занимает достойное место в тематике симпозиума. В частности, были представлены доклады с детальным анализом преимуществ и недостатков тех или иных конструктивных подходов при проектировании роботов для внекорабельной деятельности, роботов антропоморфного типа, различных типов интерфейсов с интеллектуальными роботами. Значительное место заняли доклады, посвященные проблемам имитационного моделирования (в англ. терминологии: Robot simulation and modeling of robots).

В работе симпозиума приняли участие представители ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Материалы симпозиума будут размещены на сайте ЦНИИ Робототехники и Технической Кибернетики, СПб. www.rtc.ru/.

**10-я МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС»**

27–28 ноября 2013 года, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

10th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Missions”

November 27–28, 2013,

State Organization «Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Centre»

В федеральном государственном бюджетном учреждении «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») 25–28 ноября 2013 года прошла 10-я Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос» (МНПК).

Основной целью конференции является оценка современного уровня исследований и практических результатов в области создания и применения пилотируемых космических аппаратов, подготовки и профессиональной деятельности операторов аэрокосмических систем.

25 ноября 2013 года в рамках 10-й МНПК прошел второй российско-германский семинар по космической робототехнике, на котором рассматривались актуальные вопросы использования космических роботизированных систем и их мехатронных компонент. В работе семинара приняли участие специалисты из Германии и из 15 организаций и учреждений России, которые представили более 20 докладов.

26 ноября 2013 года прошло заседание подсекции 2.2 «Новые информационные технологии в подготовке космонавтов». Было представлено 22 доклада из 13 организаций с демонстрацией возможностей современных технических средств.

Открытие 10-й МНПК и пленарное заседание состоялись 27 ноября 2013 года. С докладами на пленарном заседании выступили начальник ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» С.К. Крикалёв, начальник управления пилотируемых программ Роскосмоса А.Б. Краснов, директор ГНЦ ИМБП РАН И.Б. Ушаков, заместитель директора кластера «Космические технологии и телекоммуникации» фонда «Сколково» Д. Пайсон, руководитель ЕКА в России Рене Пишель, директор представительства ДжАКСА в России Акира Косака. С открытием конференции участников поздравили экипаж МКС-38.

В этот день был организован показ возможностей антропоморфной робототехнической системы SAR-401, разработки ОАО «НПО Андроидная техника», а также других технических средств. Для участников конференции была проведена экскурсия по технической базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Заседания секций и подсекций прошли 28 ноября 2013 года:

Секция 1. Проблемы и перспективы развития и применения пилотируемых космических систем.

Секция 2. Профессиональная деятельность космонавтов.

Подсекция 2.1. Профессиональная деятельность космонавтов (отбор, подготовка, космический полет). Результаты выполнения космических полетов.

Секция 3. Научно-прикладные исследования и эксперименты в космосе.

Секция 4. Технические средства для подготовки космонавтов и моделирование факторов космических полетов.

Подсекция 4.1. Технические средства для подготовки космонавтов.

Подсекция 4.2. Проблемы эксплуатации центрифуг и их применение для подготовки космонавтов.

Подсекция 4.3. Внекорабельная деятельность.

Секция 5. Медицинские и психологические аспекты отбора, подготовки и деятельности экипажей в космических полетах.

Секция 6. Молодежь для настоящего и будущего пилотируемой космонавтики. Образовательные программы.

В работе 10-й МНПК приняли участие более 200 человек из 57 организаций и учреждений, в том числе 19 иностранных участников из 9 стран.

По результатам работы 10-й МНПК было принято решение, которое направлено в организации, принявшие участие в ее работе.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») инициировало издание научного журнала «Пилотируемые полеты в космос» по широкому кругу проблем, связанных с тематикой пилотируемых полетов в космос. В журнале публикуются работы в области: обеспечения пилотируемых космических программ; научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области изучения космического пространства и создания космической техники; отбора, подготовки деятельности и послеполетной реабилитации космонавтов; безопасного пребывания космонавтов на орбите, а также теории конструирования и технологии летательных аппаратов, двигателей; вычислительных систем; экспериментальных исследований; дистанционного зондирования Земли, информационных спутниковых технологий; проблем нанотехнологий для авиа- и аэрокосмических систем.

Приглашаются к сотрудничеству ученые различных областей.

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

<http://www.gctc.ru>

Вниманию авторов

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

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

2. Статья научного характера должна иметь следующие обязательные элементы:

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

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

3. Первая страница текста должна содержать следующую информацию:

- УДК;
- заглавие статьи;

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

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

Параметры страницы

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

Заголовок

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

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 11 пунктов, полужирный), выравнивание по левому краю.

Инициалы, фамилия автора(ов) размещаются после названия статьи по левому краю (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 11 пунктов).

Аннотация и ключевые слова

Текст аннотации и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 9 пунктов) оформляется с отступом от левого края – 1,25 см. Ключевые слова печатаются после аннотации, начиная словом «Ключевые слова» с прописной буквы (шрифт полужирный); двоеточие; затем идет перечисление ключевых слов через запятую (шрифт «Times New Roman» – обычный), выравнивание по ширине.

На английском языке повторить название статьи, инициалы и фамилию автора(ов) (шрифт «Times New Roman», 10 пунктов, полужирный). Оформляется с отступом от левого края – 1,25 см, выравнивание по ширине.

На английском языке повторить аннотацию статьи и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 9 пунктов, обычный), выравнивание по ширине.

Основной текст

Основной текст статьи на русском языке, используется шрифт «Times New Roman», 10 пунктов, интервал между строками «одинарный». Отступы в начале абзаца – 0,8 см. Иллюстрации – в компьютерном исполнении (рисунок в Word, файлы с расширением – .bmp, .jpg, .gif) с возможностью их редактирования. Рисунки размещаются в тексте. Формулы печатаются в редакторе Microsoft Equation. Таблицы, схемы, рисунки и формулы в тексте должны нумероваться; схемы и таблицы должны иметь заголовки, размещенные над схемой или полем таблицы, а каждый рисунок – подрисовочную подпись. Рисунки, диаграммы, схемы, таблицы делать в черно-белом варианте, если цвет на них не несет нагрузку.

Список литературы

Набирается шрифтом «Times New Roman», 9 пунктов, интервал между строками «одинарный». Библиографические ссылки оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления».

За автором сохраняется право копирования своей публикации.

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

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

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

Вниманию читателей

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

To the Attention of Readers

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

***Наши координаты для контактов
(по вопросам публикации, рекламы, и деловых предложений)***

Кальмин Андрей Валентинович (организационные вопросы)

тел.: 8 (495) 526-37-31; 8 (495) 526-38-90, e-mail: A.Kalmin@gctc.ru.

Факс: 8 (495) 526-26-12

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

ДЛЯ ЗАМЕТОК

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

Научный редактор *Л.К. Васильева*
Технический редактор *Н.В. Волкова*
Корректор *Т.И. Лысенко*
Перевод *С.Б. Беляковская*

Подписано в печать 11.12.13.
Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.
Усл. печ. л. 11,55. Тираж 120 экз. Зак. 722-13.

Отпечатано в типографии редакционно-издательского отдела
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»