

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ю.В. Лончаков

РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ

Б.И. Крючков –  
заместитель  
главного редактора,

А.В. Кальмин –  
ответственный секретарь,

Ю.М. Батурич,

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,

Р.Р. Каспранский,

О.Д. Кононенко,

А.А. Курицын,

Г.Д. Орешкин,

В.И. Почуев,

В.Н. Саев,

Ю.Б. Сосюрка,

И.Г. Сохин,

М.Л. Титова,

М.В. Тюрин,

М.М. Харламов,

В.М. Усов,

В.И. Ярополов.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС.....4

Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-37/38 при выполнении программы космического полета. *О.В. Котов, С.Н. Рязанский* .....4

Медицинское обеспечение полета экипажа МКС-37/38 (экспресс-анализ). *В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова* .....16

### ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС ....25

Стратегии проведения технического обслуживания и ремонта на орбите экипажами пилотируемых космических аппаратов. *Б.И. Крючков, В.А. Довженко* .....25

Пространственно-временная модель состояния орбитального пилотируемого комплекса. *А.А. Курицын, В.И. Ярополов*.....47

Скутер для перемещения космонавтов в космическом пространстве. *Ю.А. Бауров, Ф. Менегуццо* .....53

Пути повышения адекватности моделирования визуальных условий мониторинга земной поверхности на тренажере служебного модуля российского сегмента Международной космической станции. *А.И. Митин, В.И. Брагин* .....60

О форме границ и размерах зон обзора поверхностей планет с космических аппаратов. *М.Н. Бурдаев*.....71

Социокультурные параметры профессионального сообщества космонавтов. *Л.В. Иванова* .....76

ОБЗОРЫ.....	80
Космические робототехнические комплексы на Международной космической станции. <i>М.В. Кондратенко, К.А. Титов, А.М. Салаев</i> .....	80
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ .....	92
Подготовка первого экипажа орбитальной пилотируемой станции комплекса «Алмаз» (к 40-летию полета станции «Салют-3»). <i>Записки инструктора экипажа М.Л. Шугаева</i> .....	92
Краткая справка о женщинах-космонавтах и астронавтах. <i>О.В. Васильева</i> .....	110
80 лет В.Ф. Быковскому .....	115
30 лет первому выходу женщины в открытое космическое пространство .....	117
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ .....	119
Система мониторинга теплового режима в скафандре.....	119
База данных по учету проведенных занятий по шлюзованию и скафандрам для выхода в открытый космос .....	120
Молодежная конференция «Новые материалы и технологии в ракетно-космической и авиационной технике».....	120
Международная научно-практическая конференция «Казахстан и космос» .....	122
Международная научно-практическая конференция «Психология труда, инженерная психология и эргономика».....	123
Информация для авторов и читателей .....	125

## CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS .....	4
Main Results of the ISS-34/35 Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. <i>O.V. Kotov, S.N. Ryazansky</i> .....	4
Express Analysis of Medical Support of the ISS-37/38 Crew Members. <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova</i> .....	16
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS .....	25
The Strategies of Maintenance and Repair Operations Performed by the Manned Spacecraft Crews in Orbit. <i>B.I. Kryuchkov, V.A. Dovzhenko</i> .....	25
Space-time model of the state of a manned orbital complex. <i>A.A. Kuritsyn, V.I. Yaropolov</i> .....	47
A Space Scooter. <i>Yu.A. Baurov, F. Meneguzzo</i> .....	53
Ways of Improving the Adequacy of Modeling Visual Conditions of the Earth Surface Monitoring on the Service Module Simulator of the ISS RS. <i>A.I. Mitin, V.I. Bragin</i> .....	60
Boundary Shape and the Size of Earth's Surface Observed From Space Vehicles. <i>M.N. Burdaev</i> .....	71
Sociocultural Parameters of Cosmonaut Professional Community. <i>L.V. Ivanova</i> .....	76
OVERVIEWS .....	80
Space robot systems on the international space station. <i>M.V. Kondratenko, K.A. Titov, A.M. Salaev</i> .....	80
HISTORY. EVENTS. PEOPLE .....	92
Training of the First Crew of Almaz Orbital Manned Station (40-Year Anniversary of the Flight of Salyut-3 Station). <i>Memoirs of M.L. Shugaev, a crew instructor</i> .....	92
Brief Data on Female Cosmonauts and Astronauts. <i>O.V. Vasilyueva</i> .....	110
V.F. Bykovskiy 80-Year Anniversary .....	115
30 Years of the First Exit of a Woman in Open Space .....	117
SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION .....	119
In-Suit Thermal Condition Monitoring System .....	119
Database on the Recording of Carried out Trainings for Airlocking and Eva Suits .....	120
Youth Conference "New Materials and Technologies in Rocket-and-Space and Aviation Industry" .....	120
The International Scientific and Practical Conference "Kazakhstan and Space" .....	122
The International Scientific and Practical Conference "Labor Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics" .....	123
Information for Authors and Readers .....	125

# ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

## RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-37/38 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА О.В. Котов, С.Н. Рязанский

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ О.В. Котов;  
космонавт-испытатель С.Н. Рязанский (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-37/38 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА-10М» 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. O.V. Kotov, S.N. Ryazansky**

The paper considers results of the ISS-37/38 expedition's activity aboard the «Soyuz TMA-10M» 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 длительной экспедиции МКС-37/38 в составе:

Котов Олег Валериевич	командир ТПК «Союз ТМА-10М» бортинженер экспедиции МКС-37 командир экспедиции МКС-38 (Роскосмос, Россия)
Рязанский Сергей Николаевич	бортинженер ТПК «Союз ТМА-10М» бортинженер МКС-37/38 (Роскосмос, Россия)
Майкл Скотт Хопкинс	бортинженер-2 ТПК «Союз ТМА-10М» бортинженер МКС-37/38 (НАСА, США)

выполнил космический полет длительностью 166 суток с 25 сентября 2013 года по 11 марта 2014 года. Позывной экипажа ТПК «Союз ТМА-10М» – «Пульсар» (рис. 1).



Рис. 1. Экипаж экспедиций МКС-37/38

### Опыт полетов членов экипажа

Котов Олег Валериевич в отряде космонавтов с 1996 года. До назначения в экипаж выполнил 2 космических полета: в 2007 году – в качестве командира ТК «Союз ТМА-10» и бортинженера МКС-15, в 2010 году – в качестве командира ТК «Союз ТМА-17» и бортинженера МКС-23. Инструктор-космонавт-испытатель 1 класса.

Рязанский Сергей Николаевич в отряде космонавтов с 2003 года. До назначения в экипаж опыта космических полетов не имел. Космонавт-испытатель.

Хопкинс Майкл Скотт – астронавт НАСА (США). В отряде астронавтов НАСА с 2009 года. До назначения в экипаж опыта космических полетов не имел.

### Основные итоги полета

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-10М» был произведен 25 сентября 2013 года с космодрома Байконур (Казахстан).

Параметры орбиты выведения: период  $T = 88,63$  мин, наклонение  $i = 51,69$  град., высота  $h \times H = 199,11$  км  $\times$  241,18 км.

В космическом полете выполнены следующие работы:

– доставка экипажа экспедиции МКС-37/38 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 26 сентября 2013 года ТПК «Союз ТМА-10М» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ2;  $T_{м.з.} = 05:45:30$  ДМВ. Следует отметить, что сближение транспортного пилотируемого корабля осуществлено с использованием четырехвитковой схемы полета;

– сближение американского грузового корабля «Cygnus» с МКС, захват манипуляторами станции, перемещение и установка корабля к надирной части модуля Node2 АС МКС выполнены 29 сентября 2013 года ( $T_{м.з.} = 16:46$  ДМВ);

– расстыковка грузового корабля «Cygnus» от станции МКС произведена 22 октября 2013 года, время расстыковки – 14:31 ДМВ;

– расстыковка европейского грузового корабля ATV-4 «Альберт Эйнштейн» от АО СМ выполнена 28 октября 2013 года, время расстыковки – 11:54 ДМВ;

– научные исследования и эксперименты в соответствии с программой НПИиЭ;

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

– перестыковка ТПК «Союз ТМА-09М» с МИМ1 на АО СМ осуществлена 1 ноября 2013 года; время фактической расстыковки от стыковочного узла модуля МИМ1 – 11:33:30 ДМВ; стыковка к стыковочному узлу АО СМ – в 11:54:30 ДМВ;

– стыковка ТПК «Союз ТМА-11М» к стыковочному узлу модуля МИМ1 произведена 7 ноября 2013 года ( $T_{м.з.} = 13:27:53$  ДМВ); сближение транспортного пилотируемого корабля осуществлено по четырехвитковой схеме полета;

– выход в космос ВКД-36 осуществлен 9 ноября 2013 года из стыковочного отсека СО1, продолжительность выхода – 5 ч 50 мин. Выход совершили космонавты О. Котов и С. Рязанский;

– возвращение экипажа МКС-36/37 на Землю, расстыковка ТПК «Союз ТМА-09М» от стыковочного узла АО СМ произведена 11 ноября 2013 года; время расстыковки – 02:26:31 ДМВ, время посадки СА – 05:49:28 ДМВ;

– стыковка ТПК «Прогресс М-21М» к стыковочному узлу АО СМ осуществлена в режиме ТОРУ 30 ноября 2013 года ( $T_{м.з.} = 01:30:18$  ДМВ); в процессе полета проведены летные испытания аппаратуры «Курс-НА»;

– выход в космос ВКД-37 выполнен 27 декабря 2013 года из стыковочного отсека СО1, продолжительность выхода – 8 ч 7 мин. Выход совершили космонавты О. Котов и С. Рязанский;

– сближение американского грузового корабля «Cygnus» с МКС, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к надирной части модуля Node2 АС МКС выполнены 12 января 2014 года ( $T_{м.з.} = 16:36$  ДМВ);

– выход в космос ВКД-37А осуществлен 27 января 2014 года из стыковочного отсека СО1, продолжительность выхода – 6 ч 8 мин. Выход совершили О. Котов и С. Рязанский;

– расстыковка ТПК «Прогресс М-20М» от СО1 РС МКС произведена 3 февраля 2014 года. Время фактической расстыковки – 19:21 ДМВ;

– стыковка ТПК «Прогресс М-22М» к стыковочному узлу СО1 осуществлена 6 февраля 2014 года ( $T_{м.з.} = 01:22:19$  ДМВ). Сближение транспортного грузового корабля выполнялось по четырехвитковой схеме полета;

– расстыковка американского грузового корабля «Cygnus» от МКС произведена 18 февраля 2014 года, время отделения от манипулятора станции – 14:42 ДМВ;

– возвращение экипажа МКС-37/38 на Землю, расстыковка ТПК «Союз ТМА-10М» от стыковочного узла модуля МИМ2 выполнена 11 марта 2014 года. Время расстыковки – 03:02:32 ДМВ, время посадки – 06:23:47 ДМВ.

### **Основные задачи подготовки экипажа к полету**

Подготовка к полету основного экипажа МКС-37/38 в составе командира ТПК «Союз ТМА-10М» Котова Олега Валериевича, бортинженера Рязанского Сергея Николаевича и бортинженера-2 Хопкинса Майкла Скотта проводилась с 1 апреля 2013 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-10М» являлись:  
– подготовка, направленная на формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз ТМА-10М»;

– 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-10М» 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 ДК; 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;

– подготовка экипажа по контролю автоматического режима причаливания МЛМ к стыковочному узлу СМ РС МКС;

– подготовка экипажа по контролю автоматического сближения и стыковке с европейским грузовым кораблем ATV-4 и расстыковке с 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-36/37 и МКС-38/39;

– 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-36, ВКД-37, ВКД-37А;

– 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-10М»**

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-10М» был произведен 25 сентября 2013 года с космодрома Байконур (рис. 2).



Рис. 2. Старт корабля «Союз ТМА-10М»

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно,  $T_{КП} = 23:58:50$ ;  $T_{КО} = 00:07:38$  ДМВ. В процессе предстартовой подготовки замечаний к работе бортовых систем не выявлено.

26 сентября 2013 года на 3 и 4 витках полета выполнен режим автоматического сближения и стыковки с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ2. Время формирования признака «Касание» 05:45:30 ДМВ.

Сближение пилотируемого корабля с МКС выполнялось по четырехвитковой схеме полета.

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-10М».



10 марта 2014 года, завершив программу полета на борту МКС, экипаж экспедиции МКС-37/38 приступил к подготовке к возвращению на Землю.

10 марта на 11-суточном витке выполнена расконсервация корабля. На 12-суточном витке закрыли переходные люки и приступили к проверке герметичности переходных люков.

На 13-суточном витке началась подготовка к расстыковке по штатной программе полета. Проверка герметичности скафандров прошла без замечаний. Проверка герметичности люка СА-БО прошла без замечаний. Расстыковка выполнена на 14-суточном витке в автоматическом режиме с одним импульсом отвода. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа выдана экипажем в 03:01:00 ДМВ, время фактической расстыковки – 03:02:32 ДМВ.

Спуск выполнялся по циклограмме спуска № 1. Запуск динамического режима для выполнения спуска был выполнен на 15-суточном витке, по указанию ЦУПа-М экипаж выдал команду «ЗАПРЕТ ИКВ». Время включения СКД для выдачи тормозного импульса – 05:30:20 ДМВ. Двигатель работал штатно, отработал тормозной импульс 128,0 м/с без замечаний. Разделение отсеков прошло в 05:58:05 ДМВ.

Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС. Внеатмосферный промах составил +8 секунд. Максимальная перегрузка – 4,8 g. Посадка осуществлена в 06:37:47 ДМВ в расчетной точке с координатами 47° 20' с.ш., 69° 35' в.д.

В 06:10:00 самолет ПСС установил связь с экипажем и начал сопровождать СА. Вертолеты наблюдали посадку, специалисты ПСС обнаружили СА на парашюте в расчетном районе. Работа по эвакуации экипажа началась через 20 мин после приземления. Аппарат находился на днище, купол парашюта погашен.

### **Полет на борту МКС**

Экипаж МКС-37/38 работал на борту МКС 166 суток с 26 сентября 2013 года по 11 марта 2014 года. Экипаж на российском сегменте МКС выполнил обширный объем работ по техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем МКС, программу научных исследований и экспериментов, выполнил 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 динамические операции:

- стыковка грузового корабля «Cygnus»;
- расстыковка грузового корабля «Cygnus»;
- расстыковка грузового корабля ATV-4;
- перестыковка ТПК «Союз ТМА-09М» с МИМ1 на АО СМ;
- стыковка ТПК «Союз ТМА-11М»;
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-09М»;
- стыковка ТГК «Прогресс М-21М»;
- стыковка грузового корабля «Cygnus»;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-20М»;
- стыковка ТГК «Прогресс М-22М»;
- расстыковка грузового корабля «Cygnus»;
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-10М».

### Совместный полет с другими экипажами МКС

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-36/37, МКС-38/39.

С 26 сентября 2013 года по 7 ноября 2013 года – совместный полет с экипажем МКС-36/37 в составе:

– Юрчихин Федор Николаевич (командир экспедиции МКС-37, Роскосмос, Россия);

– Пармитано Лука (бортинженер экспедиции МКС-36/37, ЕКА, Италия);

– Найберг Карен Луджин (бортинженер МКС-36/37, НАСА, США).

С 7 ноября 2013 года по 11 ноября 2013 года – совместный полет с экипажами МКС-36/37, МКС-38/39 в составе:

– Юрчихин Федор Николаевич (командир экспедиции МКС-37, Роскосмос, Россия);

– Пармитано Лука (бортинженер МКС-36/37, ЕКА, Италия);

– Найберг Карен Луджин (бортинженер МКС-36/37, НАСА, США);

– Тюрин Михаил Владиславович (бортинженер МКС-38/39, Роскосмос, Россия);

– Ваката Коити (бортинженер МКС-38, командир экспедиции МКС-39, ДжАКСА, Япония);

– Мастраккио Ричард Алан (бортинженер МКС-38/39, НАСА, США).

С 11 ноября 2013 года по 11 марта 2014 года – совместный полет с экипажем МКС-38/39 в составе:

– Тюрин Михаил Владиславович (бортинженер МКС-38/39, Роскосмос, Россия);

– Ваката Коити (бортинженер МКС-38, командир экспедиции МКС-39, ДжАКСА, Япония);

– Мастраккио Ричард Алан (бортинженер МКС-38/39, НАСА, США).

### Внекорабельная деятельность

Во время полета экспедиции МКС-37/38 были выполнены 3 выхода в открытый космос (рис. 3, рис. 4).

Первый выход в космос ВКД-36 осуществлен из стыковочного отсека (СО1) «Пирс» 9 ноября 2013 года в скафандрах «Орлан – МК» продолжительностью 5 ч 50 мин. Выход совершили космонавты О. Котов, С. Рязанский из состава экспедиции МКС-37.

Время открытия выходного люка стыковочного отсека (СО1) «Пирс» – 17:34 ДМВ, закрытие – в 23:24 ДМВ.

Целевые задачи выхода:

– проведение эстафеты олимпийского огня;

– демонтаж площадки «Якорь» с ПХО СМ и установка на ВРМ (УРМ-Д 1V РО БД СМ);

– установка съемного поворотного поручня на ВРМ (УРМ-Д 1V РО БД СМ);

– демонтаж арретира ДПН (транспортировочного кронштейна фиксации приводов);

– отключение моноблока РК-21-8 (УРМ-Д II РОБД СМ), фиксация кабеля жгута на моноблоке;



Рис. 3. Эстафета олимпийского огня во время выхода в открытый космос

- складывание антенны моноблока РК-21-8 в пакет и фиксация в сложенном положении;

- проведение фотосъемок ЭВТИ внешней поверхности РС МКС.

Особенности выхода:

- в процессе выполнения операций по установке площадки «Якорь» на ВРМ (УРМ-Д IV РО<sub>БД</sub> СМ) была выявлена неправильная ориентация площадки относительно вертлюга: площадка предположительно повернута на 180 град. «Якорь» занесен внутрь СО1. Решение о порядке работ с площадкой «Якорь» будет принято позже:

- не сложена антенна РК-21. Выявлена неисправность замка складывания РК-21. Антенна оставлена в исходном положении на УРМ-Д II РО<sub>БД</sub> СМ.

Второй выход в космос СКД-37 осуществлен из стыковочного отсека (СО1) «Пирс» 27 декабря 2013 года в скафандрах «Орлан-МК» продолжительностью 8 ч 7 мин. Выход совершили космонавты О. Котов, С. Рязанский из состава экспедиции МКС-38.

Открытие выходного люка стыковочного отсека (СО1) «Пирс» – 16:00 ДМВ, закрытие – 00:07 ДМВ.

Целевые задачи выхода:

- установка площадки «Якорь» НА ВРМ (УРМ-Д IV РО<sub>БД</sub> СМ);
- монтаж камеры среднего разрешения (МРС) и камеры высокого разрешения (НРС) на УРМ-Д IV РО<sub>БД</sub> СМ;

- демонтаж кассеты СКК № 2-СО;

- демонтаж моноблока «Всплеск» с Ф-образных поручней между I-II пл. РО<sub>БД</sub> СМ;

- монтаж моноблока «Сеймопрогноз» на Ф-образные поручни между I-II пл. РО<sub>БД</sub> СМ;

- замена переходной рамы 17 КС.600Ю1110А-0 на переходную балку 17КС.600Ю1135А-0 с переустановкой моноблоков ТМ/ТС и СВПИ и отбросом переходной рамы (при наличии времени);

– проведение фотосъемок ЭВТИ внешней поверхности РС МКС (при наличии времени).

Особенности выхода:

– М. Тюрин оказывал помощь О. Котову и С. Рязанскому на этапе входа в скафандры;

– переход в ПхО и закрытие люка ПхО-СУ (СМ) был выполнен М. Тюриным после окончательной проверки герметичности скафандров;

– после установки площадки «Якорь» на ВРМ (УДМД IV пл. РО<sub>БД</sub> СМ) проявились отклонения в работе его замка фиксации. Во время ВКД при использовании оператором «Якоря» дважды произошла самопроизвольная расстыковка его замка;

– после монтажа камеры среднего разрешения (MRC) и камеры высокого разрешения (HRC) из-за несоответствия расчетной (маркировка на кабелях и электросоединителях) и реальной схем стыковки не выполнена соответствующая кабельная коммутация. В связи с этим принято решение о демонтаже установленных камеры среднего разрешения (MRC) и камеры высокого разрешения (HRC) и возвращения в СО1 для устранения причин;

– из-за значительной потери времени (консультации со специалистами по полезной нагрузке, принятии решений) операции по демонтажу кассеты СКК № 2-СО и проведению фотосъемок ЭВТИ внешней поверхности РС МКС не проводились;

– операции по замене переходной рамы 17КС.600Ю1110А-0 на переходную балку 17КС.600Ю1135А-0 с переустановкой моноблоков ТМ/ТС и СВПИ и отбросом переходной рамы выполнены частично: переходная балка временно зафиксирована в районе установки переходной рамы. Проведение последующих операций, связанных с этой задачей, отложено до следующего выхода.

Третий выход в космос ВКД-37 выполнен 27 января 2014 года из стыковочного отсека (СО1) «Пирс» в скафандрах «Орлан-МК». Продолжительность – 6 ч 8 мин. Выход совершили космонавты О. Котов, С. Рязанский из состава экспедиции МКС-38.

Время открытия выходного люка стыковочного отсека (СО1) «Пирс» – 17:00 ДМВ, закрытие – в 23:08 ДМВ.

Целевые задачи выхода:

– монтаж камеры высокого разрешения (HRC) и камеры среднего разрешения (MRC) на универсальное рабочее место (УРМ-Д) по IV плоскости РО<sub>БД</sub> СМ;

– проведение фотосъемок электросоединителей на фиксирующих платах ФП11 и ФП19 СМ;

– демонтаж кассеты СКК № 2-СО;

– демонтаж адаптера узла сопряжения с рабочей площадкой (WIF) с SSRMS на ФГБ.

Особенности выхода:

– М. Тюрин оказывал помощь О. Котову и С. Рязанскому на этапе входа в скафандры;

– люки ПхО-СУ (СМ) и МИМ2-СУ (СМ) были открыты до завершения проверок герметичности скафандров, в МИМ2 находились камеры HRC и MRC. После окончательной проверки герметичности скафандров М. Тюрин перенес камеры и разместил их в СО1, перешел в ПхО и выполнил закрытие люка ПхО-СУ (СМ).

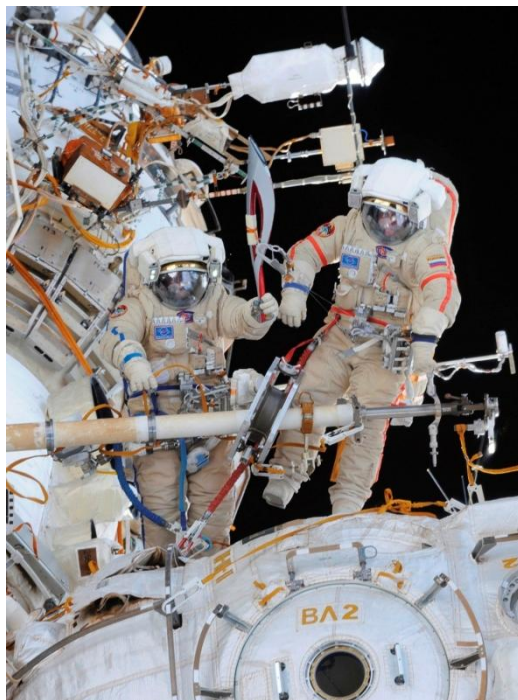


Рис. 4. Выход в открытый космос космонавтов

### **Выполнение программы научных исследований**

В ходе полета выполнялись научные исследования, эксперименты и работы по российской программе научно-прикладных исследований и экспериментов.

#### *Исследование Земли и Космоса:*

ИКЛ-2 «БТН-Нейтрон» (автомат\*);  
ГФИ-1 «Релаксация»;  
ГФИ-8 «Ураган»;  
ГФИ-11 «Обстановка»;  
ГФИ-16 «Всплеск» (включая ВКД-37);  
ГФИ-19 «Сейсмопрогноз» (включая ВКД-37);  
ГФИ-28 «Микроспутник» (автомат);  
КПТ-22 «Экон-М»;  
ДЗЗ-13 «Сейнер»;  
ДЗЗ-14 «СВЧ-радиометрия» (включая ВКД-36);  
ДЗЗ-17 «Напор-миниРСА» (включая ВКД-36, ВКД-37 и ВКД-37А).

#### *Человек в космосе:*

РБО-3 «Матрешка-Р».

#### *Космическая биология и биотехнология:*

БИО-4 «Аквариум» (этап «Аквариум-АQN»);

---

\* – эксперимент выполняется без участия космонавтов

БИО-5 «Растения» (этап «Термо-ЛАДА»);  
БИО-18 «Регенерация-1»;  
БТХ-26 «Каскад»;  
БТХ-39 «Асептик»;  
БТХ-42 «Структура»;  
БТХ-43 «Константа»;  
БТХ-44 «Кальций».

*Технологии освоения космического пространства:*

ТЕХ-14 «Вектор-Г» (автомат);  
ТЕХ-15 «Изгиб» (автомат);  
ТЕХ-22 «Идентификация»;  
ТЕХ-33 «Контроль» (автомат);  
ТЕХ-44 «Среда МКС» (автомат);  
ТЕХ-51 «ВИРУ»;  
ТЕХ-58 «Выносливость» (автомат);  
ТЕХ-59 «Дальность» (автомат);  
ТЕХ-62 «Альбедо»;  
КПТ-2 «Бар»;  
ПКЭ-5 «Капля-2».

*Образование и популяризация космических исследований:*

ОБР-3/КПТ-11 «МАИ-75»;  
ОБР-5 «Великое начало»;  
ОБР-7 «О Гагарине из космоса»;  
КПТ-10 «Кулоновский кристалл».

*Контрактные эксперименты:*

КНТ-37 «Ехрозе-R2» (фото и установка ПО).

*Эксперименты на АС МКС в интересах российских ученых:*

АСР-1 «SPHERES – Zero Robotics».

*Работы с дозиметром «Пилле-МКС».*

*Работы с российским бортовым шумомером.*

Научные эксперименты в период полета экипажа МКС-37/38 выполнялись на основании «Программы реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период тридцать седьмой и тридцать восьмой пилотируемых экспедиций МКС-37 и МКС-38».

Всего 42 эксперимента, из них 8 – в автоматическом режиме.

Новые эксперименты:

- МБИ-13 «СПЛАНХ»;
- МБИ-26 «Мотокард»;
- ДЗЗ-17 «Напор-миниРСА» (включая ВКД-36, ВКД-37 и ВКД-37А);
- ГФИ-19 «Сейсмопрогноз» (включая ВКД-37);
- БИО-5 «Растения» (этап «Термо-ЛАДА»);
- БИО-18 «Регенерация-1»;
- ПКЭ-5 «Капля-2»;
- ОБР-7 «О Гагарине из космоса»;
- АСР-1 «SPHERES – Zero Robotics».

В результате полета экипажа МКС-37/38 было выявлено, что для улучшения качества работы космонавтов при выполнении научных экспериментов необходима обратная связь со специалистами, оперативная оценка качества проведения экспериментов, корректировка выполняемых действий, консультации.

Необходимо привлекать космонавтов к приемо-сдаточным мероприятиям оборудования для НЭ с целью оценки и внесения предложений по улучшению оборудования и бортовой документации.

### **Заключение**

Подводя итоги результатов подготовки и выполнения программы полета экипажа длительной экспедиции МКС-37/38, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Уровень подготовленности экипажа МКС-37/38 по транспортному кораблю «Союз ТМА-10М» и российскому сегменту МКС позволил экипажу успешно выполнить запланированную программу космического полета.

2. Полет экипажа МКС-37/38 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами из шести человек, в числе которых три космонавта Роскосмоса.

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

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-37/38  
(ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)**

В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова

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

В статье представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-37/38. Дается краткая характеристика функционирования систем медицинского обеспечения полета и поддержания стабильности среды обитания космонавтов на РС МКС. Подведены итоги выполнения экипажем 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-37/38 Crew Members.****V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova**

The paper presents the results of medical maintenance of the ISS-37/38 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.

**Выполнение программы полета  
и организация труда и отдыха экипажа**

Старт экипажа в составе КК Олега Котова, БИ Сергея Рязанского и БИ-2 Майкла Хопкинса состоялся 25.09.13 г. в 23:59 ДМВ на ТПК «Союз ТМА-10М». Автономный полет корабля до стыковки проходил по короткой четырехвитковой схеме.

После выполнения маневров сближения 26.09.13 г. в 05:47 ДМВ была проведена стыковка ТПК № 710 с МКС штатно, в автоматическом режиме, ОПЛ – в 07:44 ДМВ.

По прибытии на станцию функции БИ-1 в составе совместного экипажа МКС были возложены на О. Котова, БИ-2 – на космонавта С. Рязанского и БИ-3 – на астронавта НАСА М. Хопкинса.

В первые часы пребывания на станции после стыковки ТПК № 710 космонавтам был проведен инструктаж по безопасности, выполнены сушка СК, консервация ТПК № 710. После завершения работ на станции космонавтам было предоставлено время для отдыха (сна) с 09:00 26.09.13 г. до 06:00 GMT 27.09.13 г. продолжительностью 21 час.

В первые сутки полета РТО экипажа ТПК «Союз» был напряженным в связи с выполнением стыковки. Общее время работы в этот день, с учетом времени работ в ТПК и на станции, составило у членов экипажа 10 часов, а период бодрствования, после отдыха (сна) на Земле до отхода ко сну на МКС, составил 20 часов.



Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» космонавтам, прибывшим на станцию, с 27.09.13 г. планировалось время по 1 часу на адаптацию и ознакомление со станцией за счет сокращения рабочей зоны. Кроме того, 28–29.09.13 г. планировались два дня отдыха.

С 18.10.13 г. БИ-1 и БИ-2 приступили к непосредственной подготовке к ВКД-36: изучение БД и циклограммы «Выхода», подготовка выносимого оборудования и инструментов, сменных элементов СК, подготовка ПхО.

28.10.13 г. проведена расстыковка ATV-4.

01.11.13 г. (6-я неделя) экипаж выполнил перестыковку корабля с МИМ1 на АО СМ. Во время выполнения перестыковки БИ-1 и БИ-2 продолжили подготовку к ВКД, оказывали помощь КЭ (Ф. Юрчихину) в подготовке к перестыковке, проводили фото- и видеосъемки жизни на станции и другие работы.

07.11.13 г. согласно плану в 13:28 ДМВ/10:28 GMT состоялась стыковка корабля ТПК № 711 с МКС. По прибытии нового экипажа количество космонавтов на станции увеличилось до 9 человек.

9 ноября 2014 года БИ-1 и БИ-2 выполнили операцию «Выход» ВКД-36. Время ВКД составило 5 часов 50 минут. Программа ВКД выполнена, практически, полностью. БИ-7 М. Тюрин оказывал помощь космонавтам при шлюзовании перед и после ВКД. Общее время работы в этот день у БИ-1 и БИ-2 составило по 14 часов 45 минут, период бодрствования – 19 часов.

10.11.13 г. после ВКД О. Котов и С. Рязанский выполняли заключительные операции, связанные с выходом. В этот же день перед расстыковкой ТПК № 709 была проведена церемония передачи командования. Командиром МКС стал космонавт О. Котов, функции БИ-2 остались за С. Рязанским, а функции БИ-3 были возложены М. Хопкинса.

После ухода экипажа ТПК № 709 (в ночное время 11.11.13 г.), оставшимся космонавтам на станции было предоставлено 27 часов для отдыха и сна с 03:00 11.11.13 г. до 06:00 GMT 12.11.13 г. По оценке специалистов ГМО и сообщений с борта, РТО экипажа в период подготовки и проведения ВКД был напряженным, что было обусловлено проведением сложной динамической операции по стыковке ТПК № 711, выполнением ВКД-36, а также расстыковкой ТПК № 709 в ночное время. Кроме того, в этот период космонавты работали в условиях измененного РТО.

На 10-й неделе полета в связи с проведением тестового сближения ТГК № 421 с целью испытаний аппаратуры «Курс-НА» с последующей стыковкой грузовика ТГК № 421 режим работы экипажа был изменен с целью проведения тестовых испытаний в зоне российских НИПов (вечернее время суток). Поэтому в дни 27–30.11.13 г. зона сна экипажу планировалась со сдвигом вправо на 2–3 часа. Стыковка корабля ТГК № 421 была проведена 30.11.13 г. в вечерней зоне в 01:44 ДМВ в ручном режиме.

27.12.13 г. (14-я неделя полета) после проведенной подготовки КЭ и БИ-2 выполнили операцию «Выход» ВКД-37. Время ВКД составило 8 часов 07 минут (планировалось 7 часов).

С 15.01.14 г. КЭ и БИ-2 приступили к подготовке к ВКД-37А.

27.01.14 г. (18-я неделя) они выполнили очередную операцию «Выход» ВКД-37А. Время ВКД составило 6 часов 08 минут. Общее время работы у КЭ и БИ-2 составило около 16 часов, период бодрствования – 19 часов.

По оценке специалистов ГМО РТО экипажа на указанной неделе был напряженным, что обусловлено подготовкой и выполнением операции «Выход»,

повышенной рабочей нагрузкой, сдвигом зоны сна после ВКД, отсутствием полноценных дней отдыха. Тем не менее, во время разборов, проводимых после «Выхода», космонавты свое самочувствие оценивали как хорошее, замечаний и жалоб не предъявляли.

На 20-й неделе полета в ночь с 5 на 06.02.14 г. в 01:22 ДМВ была проведена стыковка ТПК № 422 с МКС в автоматическом режиме. Контроль стыковки ТПК с МКС осуществляли КЭ вместе с БИ-4 М. Тюриным.

В последующие три недели полета (21-я, 22-я и 23-я) рабочая нагрузка у КЭ и БИ-2 планировалась в пределах нормативных величин, а в отдельные дни она сокращалась до 4,5–5 часов.

На 23-й неделе полета (26.02–04.03.14 г.) КЭ и БИ-2 приступили к подготовке возвращаемых грузов на ТПК № 710.

В связи с завершением полета рабочая зона у КЭ и БИ-2 с 25.02.14 г., согласно требованиям «Основных правил и ограничений», была сокращена на 1 час для подготовки к возвращению на Землю.

На завершающей 24-й неделе полета с 05.03.14 г. по 10.03.14 г. КЭ и БИ-2 занимались подготовкой и укладкой возвращаемого оборудования в ТПК № 710, подготовкой к возвращению на Землю. 09.03.14 г. после проведения церемонии передачи командования функции КЭ МКС были возложены на астронавта ДжАКСА К. Ваката.

Расстыковка ТПК № 710 проведена 11.03.14 г. в 00:32 GMT/03:32ДМВ. Посадка СА осуществлена в 06:24 ДМВ в заданном районе.

### **Характеристика состояния работоспособности членов экипажа в условиях принятого в полете режима труда и отдыха (РТО)**

Общее полетное время экипажа МКС-37/38 составило 166 суток, из которых КЭ и БИ-2 планировалось 112 рабочих и 54 дня отдыха. За весь полет суммарная плановая продолжительность работ в дни отдыха у КЭ составила 49 часов, у БИ-2 – 61 час. Фактически в дни отдыха на выполнение рабочих операций (без учета Task List) КЭ затратил 81,5 часа, БИ-2 – 97,5 часа.

На работы по программе Task List в дни отдыха КЭ затратил 26 часов, БИ-2 затратил 9 часов. За весь полет на выполнение дополнительных работ, включая Task List, по инициативе экипажа и сверх плана на плановые работы КЭ затратил 101,2 часа, а БИ-2 затратил 89,5 часа, что равноценно 15,6 и 13,8 рабочим дням при плановой рабочей нагрузке 6,5 часа в день.

После полета оба российских космонавта положительно оценили РТО во время предстартовой подготовки на Байконуре. Во время работы на МКС РТО, в целом, оценивался как нормальный, способствующий полноценному и качественному выполнению программы полета. К качеству сна у космонавтов претензий не было. Космонавты переносили нормально периодически планировавшиеся сдвиги зоны сна. Оба космонавта, как правило, ложились спать в 23:00–01:00. При выполнении ночных работ, когда планировался сон в дневное время, старались обязательно поспать днем.

В дни, когда на борту МКС находились 9 человек, РТО был насыщенным и напряженным. «За 4 дня надо было подготовиться и выполнить ВКД, подготовиться к расстыковке и уходу ТПК № 709. Все дни были плотно заполнены интенсивной работой, не всегда совпадающими по времени с Ф24. В данной ситуации фактически работали в авральном режиме», – пояснил БИ-1.

В последнюю ночь пребывания на МКС спали хорошо – сон был хорошего качества достаточной продолжительности.

Вывод: РТО экипажа по своей структуре и рабочей нагрузке, в целом, соответствовал требованиям нормативных документов и оценивался как нормальный, что способствовало выполнению программы полета в полном объеме.

### **Состояние здоровья членов экипажа в полете**

Во время выведения и орбитального полета, по данным радиопереговоров и медицинского контроля, состояние здоровья членов экипажа транспортного корабля «Союз ТМА-10М» № 710 было хорошим.

27.09.13 г. во время приватной медицинской конференции с российским врачом экипажа БИ-1 и БИ-2 жалоб на состояние здоровья не предъявляли. Общее самочувствие было хорошим, космонавты были активны, настроение у них было спокойное.

В ходе автономного полета на ТПК признаков космической болезни движения и симптомов перераспределения крови не отмечали, медикаменты не принимали.

В период запланированных санитарно-гигиенических мероприятий перемещались из СА ТПК в БО, где пользовались туалетом.

В первые две недели полета жалоб на состояние здоровья не предъявляли. Общее самочувствие было в норме, настроение рабочее. Внешне были спокойными, сосредоточенными. Проблем со сном не было, РТО оценивали как нормальный. Медицинских проблем не было.

10.11.13 г. после ВКД-36 жалоб на состояние здоровья не предъявляли, самочувствие было хорошим. Во время выполнения ВКД БИ-1 и БИ-2 дискомфорта не испытывали. Оба отмечали общее утомление и неярко выраженную общую мышечную усталость. Мышцы плечевого пояса – без особого утомления.

У БИ-1 были синяки в области наружной поверхности плеч, верхней трети предплечий, связанные со сдавливанием кожи выступающими частями скафандра. Нарушения целостности кожных покровов не было.

10.12.13 г. КЭ отметил, что в течение прошедшей недели при повышении уровня CO<sub>2</sub> отмечал тяжесть в голове, повышенную сонливость, ощущение «разбитости» после сна. Снижения работоспособности не было.

28.12.13 г. во время беседы с КЭ и БИ-2 после ВКД жалоб на состояние здоровья не предъявляли, во время выполнения ВКД дискомфорта не испытывали. Тепловые ощущения на протяжении всей ВКД оценивались как комфортные. Во время шлюзования перепады давления переносились хорошо.

21.01.14 г. КЭ доложил, что у него на прошедшей неделе выпала пломба. В соответствии с выданными рекомендациями была успешно установлена временная пломба с использованием американских средств оказания медицинской помощи.

18.02.14 г. жалоб на состояние здоровья не предъявляли, самочувствие хорошее. Временная пломба у КЭ состоятельная. На прошедшей неделе у БИ-2 выпала пломба. В соответствии с выданными рекомендациями была успешно установлена временная пломба с использованием американских средств оказания медицинской помощи.

### **Медицинское обеспечение (общая характеристика)**

Медицинское обеспечение экипажей МКС-37/38 осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям на Международной космической станции (ISS MORD). Многосторонние медицинские комиссии и полетные врачи кон-

тролировали планирование и реализацию медицинских операций. Как всегда, 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.

Результаты медицинского контроля членов экипажа МКС-37/38 свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях и достаточных функциональных резервах организма как в ходе полета, так и на завершающем его этапе. В послеполетном периоде космонавты были дееспособны, активны при весьма умеренных риадаптационных сдвигах.

Радиационные условия во время полета были благоприятные.

Психологический климат в экипаже и взаимодействие с наземными медицинскими службами и полетным врачом получили высокие оценки специалистов. Экипаж отличался четкостью в работе, отличным взаимопониманием с медицинскими службами и строго следовал всем медицинским рекомендациям.

Российские системы жизнеобеспечения функционировали штатно, сохраняя в целом нормальные условия микроклимата.

## **Физиолого-гигиеническая характеристика среды обитания**

### ***Параметры микроклимата МКС***

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

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

Повышение температуры воздуха в основном отмечалось в периоды «солнечной» орбиты станции. Для снижения температуры воздуха в СМ СОТР переводилась в максимальный режим работы: включались в параллельную работу КОХ1 и КОХ2; РРЖ1 и РРЖ2 перенастраивались с 14 °С на 10 °С. 11.10.13 г. на борт отправлена радиограмма с рекомендациями по улучшению циркуляции воздуха в районе БД-2 в РО СМ.

29.10.13 г. после отстыковки ATV экипаж оценивал температурный режим в СМ как комфортный (повышенную температуру в районе рабочей зоны СМ связывали с наличием ATV в конфигурации станции – теплый воздух из ATV задерживался в СМ, вентиляторы которого не справлялись с его дальнейшим перераспределением в объем станции).

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

Периодически проводились наддувы станции кислородом, азотом и воздухом из ТГК и ATV4.

### ***Санитарно-гигиеническое состояние МКС***

Еженедельно экипаж проводил плановую уборку станции. При ежемесячных отборах проб воздуха пробоотборником ИПД-СО в СМ монооксида углерода не определялось; при отборе проб воздуха 06.11.13 г. и 09.03.14 г. пробоотборником ИПД-ННЗ в СМ аммиака не обнаружено.

По докладу экипажа 28.09.13 г. БИ-1 спал в каюте модуля «NODE», БИ-2 – в правой каюте СМ.

БИ-2 использовал рекомендованные средства индивидуальной защиты (респиратор и очки) при первых входах в корабль Orbital-D1 (30.09.13 г.) для отбора пробы воздуха.

На всем протяжении полета замечаний от экипажа не поступало.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа, на всем протяжении полета БИ-1/КЭ и БИ-2 санитарно-гигиеническую обстановку на станции оценивали как достаточно комфортную.

Врач экипажа обращал внимание БИ-2 на использование индивидуальных средств защиты при работе за панелями и при работе, связанной с пылью (например, чистка защитной сетки вентиляторов).

БИ-2 замечаний по СЛГ не предъявлял, во время сна одевал наушники с активным шумоподавлением. БИ-1 отмечал, что при вскрытии пакетов с сухими полотенцами образуется облако пыли, из пакета вылетают мелкие частички ткани в виде ниток и пылинок, поэтому он пользуется американскими сухими полотенцами, предназначенными для российского экипажа.

БИ-1 и БИ-2 в течение дня использовали беруши при работе в шумной обстановке; при работе через иллюминатор № 9 использовали солнцезащитные очки.

В период 19–20.11.13 г. проведена замена вентиляторов ВГЖТ1 и ВГЖТ4, ВТК-1 и ВТК-2 в СМ РС МКС на малошумные, после чего экипаж сообщил, что шум значительно уменьшился (по данным шумомера на 8 дБ).

07.01.14–10.01.14 г. проведена обработка препаратом «Фунгистат» проблемных поверхностей конструкции СМ и проведены работы по удалению загрязнений с панелей интерьера в обитаемых отсеках РС МКС.

Все члены экипажа использовали средства защиты слуха при работе в местах расположения шумящего оборудования и закрывали дверь каюты на период сна.

### ***Питание и водопотребление***

На всем протяжении полета замечаний от экипажа не поступало, у БИ-1/КЭ и БИ-2 аппетит был хороший, водопотребление в норме.

Первый прием пищи в ходе автономного полета был в СА ТПК в выделенное для этого время. КК принес в СА продукты питания для БИ и БИ-2.

БИ-1 предъявлял следующие замечания к упаковке и составу продуктов: «Консервные банки толстостенные, трудно открываются, пакеты для напитков при заполнении горячей водой обжигают руки, в рационе питания отсутствуют жидкая соль, соевый соус и горчица. Некоторые продукты плохо растворяются (например, сублимированный йогурт)». БИ-2 отмечал, что при использовании пакетов с чаем и с сахаром встречаются пакеты, где пакетик чая и сахар находятся в разных упаковках и не смешиваются.

БИ-1 и БИ-2 употребляли воду из СРВ-К2М.

БИ-2 регулярно в ходе приема пищи употреблял поливитамины из пищевых контейнеров.

29.10.13 г. БИ-2 высказал мнение всего экипажа, что на станции в настоящее время в рационах питания недостаточное количество каш, «снеков» (сухофрукты, десерты, орехи, фруктовые палочки) и чая с сахаром, при избытке первых и вторых блюд.

18.02.14 г. отмечали положительные эмоции при получении свежих продуктов, доставленных кораблем «Прогресс» № 422.

**Результаты акустических измерений**

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

Места сна российских членов экипажей:

БИ-1 (О.В. Котов) – верхняя каюта NODE 2;

БИ-2 (С.Н. Рязанский) – правая каюта СМ.

Анализ полученных данных по экипажу МКС-37/38 показал, что шумовая нагрузка за дневной и ночной периоды превышали предельно допустимый уровень (на 7,2 дБА и 3,5 дБА)

В Node 3 (район тренажера Т2) эквивалентные уровни звука за 12 часов дневного времени превышали допустимые значения на 14,4–15,6 дБА, а за 10 часов ночного периода – на 3,2–3,8 дБА.

В связи с превышением допустимых значений акустической нагрузки за дневной период времени, рекомендовалось использовать средства индивидуальной защиты слуха (беруши или наушники с активным подавлением шума) при работе в местах расположения шумящего оборудования.

На период сна необходимо закрывать дверь каюты и использовать средства индивидуальной защиты слуха.

Во время занятий на тренажере Т2 (Node 3) также рекомендовалось использование средств индивидуальной защиты слуха.

Акустические измерения проводились и в модулях МКС: СМ, МИМ1, МИМ2, Node 2, Node 3, US Lab, Cygnus PCM0 (Orb-D1), JPM и Columbus с использованием шумомера SLM.

Акустические замеры проводились по общему уровню (La, 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.

Полученные результаты оценивались на соответствие ГОСТ Р 50804-95 и SSP50094.

В СМ на рабочих местах превышения допустимых уровней звука по общему уровню составили 2,1–10,4 дБА с максимальным значением в ПрК.

В каютах имело место превышение уровня звука на 4,9–7,7 дБА.

В МИМ1 на рабочих местах превышения допустимых уровней звука по общему уровню составили 1,9–11,1 дБА с максимальным значением в КТ6.

В МИМ2 на рабочих местах превышения допустимых уровней звука по общему уровню составили 6,3–6,8 дБА.

**Радиационная обстановка в РС МКС**

За время полета радиационная обстановка внутри станции в основном была спокойной.

В период с 25.12.13 г. по 31.12.13 г. радиационная обстановка внутри станции была слабо возмущенная. 26 и 28 декабря произошли солнечные протонные вспышки. Дополнительная поглощенная доза за время вспышки 26.12.13 г. составила 0,02 мрад, а за время вспышки 28.12.13 г. составила 1 мрад.

В период с 5 по 7 января 2014 года произошли солнечные протонные вспышки. По показаниям бортовых дозиметров ТЭПС и ДБ8 радиационная обста-

новка оставалась невозмущенной. Дополнительная поглощенная доза за время произошедших солнечных вспышек не превысила 1–2 *мрад*.

Накопленная поглощенная доза за полет у членов экипажа не превысила допустимые значения доз, определенных согласно Flight Rules В 14.2.2-12 и Гост 25645.215-85.

### **Система профилактики в полете**

В начале полета БИ-1 и БИ-2 планировалось ознакомление с оборудованием и процедурами выполнения ФТ на бортовых тренажерах (БД-2, ARED). Кроме того, планировалось по одному занятию (1,5 часа) на БД-2/ВБ-3М.

С 01.10.13 г. физические тренировки планировались по российской программе, два раза в день общей продолжительностью 2,5 часа (БИ-1/КЭ – преимущественно блоком, БИ-2 – 2 раза в день, периодически блоком) на БД-2 и ВБ-3М/ARED с чередованием тренировок на этих средствах.

С 10.02.14 г. в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета и рекомендациями специалистов КЭ и БИ-2 планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке (БД-2/Т2) с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED и ОДНТ-тренировки (с 24.02.14 г.).

По ежедневным докладам экипажа ФТ выполнялись в полном объеме.

Изделие «Браслет» одели в ТПК сразу после того, как сняли скафандры; БИ-2 проносил манжеты около трех часов и снял, так как самочувствие было хорошим и симптомов воздействия на организм невесомости не наблюдалось.

20–24.11.13 г. БИ-2 рекомендовалось ношение ПНК «Пингвин-3» с системой измерения нагрузок (СИН) в течение пяти дней с увеличением исходной нагрузки.

21.11.13 г. БИ-2 сообщил, что работает по тесту ношения ПНК «Пингвин-3» с СИН в соответствии с рекомендациями. По данным РМС от 26.11.13 г.: БИ-2 носил костюм «Пингвин» с СИН в течение одного дня, отмечал трудности выполнения текущих работ в костюме.

На протяжении всего полета КЭ и БИ-2 физические тренировки выполняли в соответствии с формой 24.

БИ-1 при проведении физических упражнений, начиная с первых дней, на тренажере БД-2 использовал продольную осевую нагрузку равную 55–60 кг. БИ-1 отмечал, что лямки ТНК распускаются и за тренировку удлиняются на 5–7 см и притом неравномерно правая и левая.

БИ-1 и БИ-2 просили прислать рекомендации специалистов НАСА, подготовленные до полета при проведении подбора упражнений и нагрузки при проведении ФУ на ARED.

### **Медико-биологические эксперименты в период МКС-37/38**

Во время полета члены экипажа МКС-37/38 выполняли следующие медико-биологические эксперименты: БИО-2 «Биориск», РБО-3 «Матрешка-Р», БИО-5 «ТЕРМО-ЛАДА», МБИ-13 «Спланх», МБИ-16 «Взаимодействие», МБИ-19 «Виртуал», МБИ-26 «Мотокард», МБИ-28 «Хроматомасс».

Все медико-биологические эксперименты выполнены полностью.

### **Заключение**

Медицинское обеспечение здоровья экипажей МКС-37/38 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.

### **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 629.78.067:614

### СТРАТЕГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА НА ОРБИТЕ ЭКИПАЖАМИ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Б.И. Крючков, В.А. Довженко

Докт. техн. наук Б.И. Крючков; канд. техн. наук, доцент В.А. Довженко  
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Статья посвящена проблемам проведения технического обслуживания и ремонта (ТОР) на орбите перспективных космических комплексов и космических аппаратов (КА) длительного функционирования. Рассмотрены возможные способы осуществления ТОР пилотируемых и автоматических КА, предложены стратегии ТОР КА с использованием наземной и орбитальной баз обслуживания. Рассмотрены функции экипажей и факторы опасности для экипажей, обслуживающих пилотируемые космические аппараты (ПКА), при выполнении ТОР КА. Предложены мероприятия по обеспечению безопасности осуществления ТОР КА, реализуемые в процессе создания и эксплуатации перспективных КА.

**Ключевые слова:** космический аппарат, техническое обслуживание и ремонт, база обслуживания, система ТОР, факторы опасности, безопасность экипажа.

#### **The Strategies of Maintenance and Repair Operations Performed by the Manned Spacecraft Crews in Orbit. B.I. Kryuchkov, V.A. Dovzhenko**

The paper deals with the problems of performing maintenance and repair (M&R) of advanced space complexes and long-term space vehicles in orbit. It considers the possible ways to perform M&R of manned and unmanned space vehicles and suggests the strategies of M&R using the ground-based and orbital servicing bases. Also, the paper discusses the crew's functions and risk factors when servicing spacecraft and the measures to ensure the crew safety.

**Keywords:** a space vehicle, maintenance and repair, a service base, system of M&R operations, risk factors, crew safety.

Необходимость обеспечения длительного функционирования космических аппаратов различного назначения на околоземных орбитах (а в перспективе – и на орбитах Луны и Марса) выдвинула в число актуальных проблему их технического обслуживания и ремонта. В настоящее время ТОР – это один из наиболее действенных способов поддержания исправности и работоспособности КА длительное время.

В практике эксплуатации КА отмечается достаточное количество случаев, когда фактический ресурс КА значительно превышал заданный (иногда многократно, как, например, у КА NOAA, используемых на полярных орбитах искусственного спутника Земли (ИСЗ)). Как правило, по окончании установленного для КА ресурса происходит замена устаревших КА новыми. При этом «старые» КА остаются на рабочих орбитах и выводятся в резерв. Их дальнейшее использование осуществляется по мере необходимости.

Также можно привести десятки других примеров из отечественной и зарубежной практики, когда КА отказывали либо вскоре после их выведения на орбиту ИСЗ, либо до завершения установленных для них ресурсов эксплуатации.

В ряде случаев на КА возникали отказы или неисправности, приводившие не к полной, а к частичной потере их работоспособности. В результате пользователи на Земле не могли получать значительную часть необходимой информации.

Причинами досрочного выхода КА из строя могут стать конструктивно-технологические недостатки, результаты влияния неблагоприятных факторов космического пространства, а также ошибки в управлении полетом этих КА. Возможности ЦУПов по восстановлению отказавших КА с использованием командных радиолиний ограничены, поскольку введение резервных элементов в конструкцию КА на этапе их создания обычно ограничено заданными массогабаритными характеристиками КА.

Редко на орбитах ИСЗ оказываются исправные, но не способные штатно выполнять свои функции КА. Причинами такого состояния КА (наиболее характерно для высокоорбитальных ИСЗ) могут быть:

- полная выработка запасов топлива двигательной установки (ДУ) КА при исправной работе всего бортового оборудования (БО) – типичная ситуация для телекоммуникационных геостационарных ИСЗ;
- изменение положения «точки стояния» ИСЗ, а следовательно, и района его функционирования вследствие дрейфа КА по орбите;
- отказ последних ступеней ракет-носителей или разгонных блоков при выведении КА на рабочие орбиты.

Отказавшие и не подлежащие восстановлению КА переходят в разряд «космического мусора» и в дальнейшем представляют угрозу безопасности для действующих КА. Зачастую у пользователей пропадает интерес к неисправным КА, а утилизация таких КА на орбитах захоронения не всегда реализуется. Свободный дрейф даже одного неисправного КА на геостационарной орбите ИСЗ может привести к угрозе его столкновения с одним-двумя десятками других нормально функционирующих КА и выводу их из строя. При этом наносится не только ущерб действующим КА, но и возникает ситуация лавинообразного нарастания космического мусора на орбитах ИСЗ. Космический мусор не раз угрожал безопасности полета космонавтов на отечественных орбитальных космических станциях (ОКС) и Международной космической станции (МКС). ЦУПу и экипажам этих станций многократно приходилось предпринимать специальные меры на случай возникновения разгерметизации жилых отсеков станции при столкновении с ней фрагментов космического мусора.

Как правило, большинство отказов и неисправностей, возникающих на автоматических космических аппаратах (АКА), могли бы быть устранены космонавтами непосредственно на их орбитах, если бы эти АКА были приспособлены к осуществлению таких работ и имелись бы соответствующие средства доставки к АКА космонавтов и необходимого оборудования.

К настоящему времени уже имеется некоторый опыт ремонта АКА космонавтами на околоземных орбитах, а также опыт доставки АКА из космоса на Землю в целях восстановления работоспособности и последующего возвращения их на рабочие орбиты. Высокая эффективность таких работ подтверждена многолетней практикой.

В то же время следует заметить, что в силу различных причин (организационных, технологических, экономических и даже политических) техническое об-

служивание и ремонт АКА на орбитах в настоящее время все же носит эпизодический, а не системный характер.

В пилотируемой космонавтике за более чем полвека ее существования накоплен огромный опыт ТОР ПКА, их бортовых систем и различного научного оборудования. Выполнено большое количество работ по дооснащению ОКС, сборке и монтажу различных конструкций в открытом космосе (ОК). Эффективность выполнения космонавтами ТОР на ОКС подтверждена как при выполнении российских и американских национальных пилотируемых программ, так и при реализации программы МКС, в которой участвует большое число стран и космических агентств.

Имеющийся практический опыт, полученный на ОКС, является хорошей базой для реализации стратегий ТОР КА в космосе.

В соответствии с [1], задачами государственной политики в области космической деятельности (КД) в РФ являются:

а) до 2020 года: ввод в состав российского сегмента (РС) МКС специализированных или автономных свободнолетающих модулей; начало летных испытаний пилотируемого транспортного корабля нового поколения (ПТК НП); разработка системы обслуживания отдельных КА на орбитах;

б) к 2030 году: наращивание орбитальных группировок КА и создание КА преимущественно на базе блочной целевой аппаратуры и унифицированных платформ, которые должны быть обслуживаемыми, модульными, оснащаться унифицированной целевой и служебной аппаратурой; создание и начало применения пилотируемых и автоматических КА для обслуживания (в том числе для заправки) КА на орбитах; реализация научно-прикладных исследований (НПИ) и расширение их спектра с использованием ПТК НП, а также специализированных или автономных свободнолетающих модулей;

в) после 2030 года: расширение области и масштабов освоения ближнего космоса; развертывание и эксплуатация на Луне постоянно действующей базы, обслуживание и ремонт на околоземных орбитах крупных КА и межорбитальных буксиров (МБ); переход на обслуживаемые в полете КА, обеспечивающие рациональное комплексирование задач на борту, имеющие блочную (модульную) структуру с максимальной унификацией целевых и обеспечивающих приборов и систем мирового уровня.

Таким образом, в результате реализации целей государственной политики в области КД в РФ будет обеспечено:

а) к 2020 году – развертывание минимально необходимых орбитальных группировок КА, отработка приборов и агрегатов перспективных космических средств в условиях космоса с использованием МКС, создание ПТК НП;

б) к 2030 году – развертывание и поддержание полномасштабных орбитальных группировок КА, применение АКА для исследований и последующего освоения Луны с возможностью их обслуживания и ремонта, разработка прогрессивных технологий обслуживания, заправки и ремонта КА в околоземном космосе;

в) после 2030 года – выход на принципиально новые, находящиеся на стадии концептуальной проработки цели, задачи, принципы и методы реализации космических программ (системы обслуживания КА на орбитах, космические электростанции, космические лифты, производство в космосе и другие проекты).

На новом этапе развития космонавтики в первой половине XXI века проблема обслуживания КА в полете может обостриться в силу следующих причин:

- усложнение и удорожание выводимых в космос КА;
- увеличение количества КА в космической группировке;

- увеличение сроков эксплуатации КА;
- появление свободнолетающих обслуживаемых (в том числе посещаемых) автоматических КА на орбитах ИСЗ;
- появление длительно функционирующих КА, требующих обслуживания, на орбитах Луны и Марса.

### Типы обслуживаемых космических аппаратов

По своему назначению обслуживаемые КА могут быть научными, исследовательскими, телекоммуникационными, навигационными, связными, военными, КА зондирования и другими.

Свободнолетающие автоматические КА могут конструктивно выполняться в трех вариантах:

- а) АКА, целевая аппаратура и служебное оборудование которого размещены в его герметичном отсеке;
- б) АКА, целевая аппаратура и служебное оборудование которого размещены на открытой платформе;
- в) посещаемый АКА, имеющий герметичный отсек с размещенным в нем основным целевым и служебным оборудованием, конструктивно приспособленный к кратковременному пребыванию в нем космонавтов с целью выполнения определенных целевых задач, восстановления исправности, поддержания работоспособности, модернизации или переоснащения этого АКА.

На орбитах искусственного спутника Луны или Марса космонавты могут обслуживать длительно функционирующие КА перечисленных выше типов.

### Перспективные пилотируемые и автоматические КА обслуживания для осуществления ТОР КА

В качестве ПКА обслуживания (ПКА-О) для осуществления ТОР ОПС и КА околоземной орбитальной инфраструктуры, на орбитах высотой до 500 км в недалеком будущем может быть использован отечественный ПТК НП (рис. 1), являющийся составной частью перспективной пилотируемой транспортной системы нового поколения (ППТС), разрабатываемой в настоящее время Ракетно-космической корпорацией (РКК) «Энергия» [7], [8].

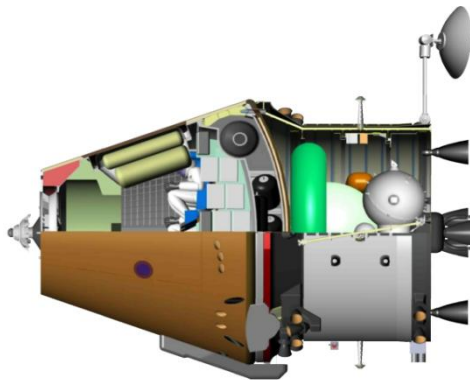


Рис. 1. Внешний вид перспективного отечественного ПТК НП, предназначенного для полетов к Луне и обслуживания околоземной орбитальной инфраструктуры

Европейское космическое агентство (ЕКА) в настоящее время работает над проектом АКА обслуживания (АКА-О) – космического мини-шаттла PRIDE-ISV (КА ISV (The Innovative Space Vehicle), разрабатываемого в рамках программы PRIDE (The Program for Reusable In-orbit Demonstrator in Europe) который, кроме прочих многофункциональных задач, сможет также осуществлять в автоматическом режиме сервисное обслуживание других КА непосредственно на орбите (рис. 2) [9].



Рис. 2. Внешний вид перспективного европейского АКА-О ISV, предназначенного для выполнения ТОР КА на околоземных орбитах

### **Орбитальное маневрирование космических аппаратов обслуживания при решении задач ТОР КА**

Орбитальные маневры КА-О в процессе выполнения ТОР КА на околоземных орбитах включают:

- маневры обеспечения компланарности орбит КА-О и обслуживаемого КА;
- маневры КА-О достижения орбиты обслуживаемого КА;
- маневры выравнивания скоростей движения КА-О и обслуживаемого КА

в точке их встречи;

– маневры причаливания, стыковки и перестыковки КА-О с обслуживаемым КА.

После выполнения обслуживания или ремонта КА маневры КА-О включают:

- маневры расстыковки КА-О с обслуживаемым КА;
- маневры схода КА-О с орбиты обслуживаемого КА для возвращения на Землю или на свою рабочую орбиту.

Опыт выполнения операций сближения космических аппаратов в космосе показывает, что основными затратами рабочего тела на выполнение орбитальных маневров КА являются маневры обеспечения компланарности их орбит. Управляющие импульсы скорости на выполнение маневров этого вида определяются размерами и формой орбит активного и пассивного КА, точкой приложения управляющего импульса скорости при маневрировании и углом некомпланарности орбит КА [5].

### **Способы обеспечения исправного функционирования космических аппаратов на околоземных орбитах и факторы, определяющие их выбор**

В общем случае возможны три способа обеспечения исправного функционирования КА в космической группировке.

**Способ 1:** Выведение на орбиту другого КА, аналогичного отказавшему.

Наиболее распространенной реализацией этого способа на практике является обеспечение избыточности КА в группировке в период ее формирования. Иными словами, в состав группировки включаются резервные КА, находящиеся в дежурном режиме. В случае выхода из строя активных КА, их место занимают резервные, а отказавшие КА утилизируются.

Этот способ находит применение, например, при эксплуатации ряда группировок связных и навигационных ИСЗ, таких как «Иридиум», «Глонасс», GPS и др. (в этих группировках ИСЗ число резервных КА составляет до 10 и более).

В то же время использование подобного способа поддержания бесперебойного функционирования группировки КА не всегда приемлемо. Так, дорогостоящие исследовательские и военные спутники, являющиеся уникальными КА и изготовленные, как правило, в единственном экземпляре, в принципе не могут быть заменены КА-дублерами. В таких случаях обновление КА на орбите осуществляется к моменту окончания их срока службы. Однако зачастую из-за финансовых, организационных или технических трудностей своевременное обновление ИСЗ (например, навигационных, связных, военных, разведывательных и др.) не происходит. Как правило, на смену неисправным или выработавшим ресурс КА запускаются КА новых модификаций, более дорогие и сложные.

Практика показала, что способ 1 целесообразен при относительно малых затратах на изготовление «дубликата» КА и его выведение на орбиту. Тем не менее, в некоторых ситуациях, таких как выход из строя первых двух летных образцов орбитальной станции «Салют», ввиду отсутствия в тот период другой возможности восстановления работоспособности этих КА также был реализован способ 1.

В обозримом будущем этот способ обеспечения исправного функционирования КА на околоземных орбитах, вероятно, найдет себе место лишь при эксплуатации недорогих КА, выпускаемых большими сериями. Во всех других случаях будут применяться способы, предусматривающие осуществление ТОР КА.

**Способ 2:** Снятие неисправного КА с орбиты, доставка на Землю для выполнения технического обслуживания и ремонта с последующим возвращением его на рабочую орбиту (рис. 3).

ПКА-доставщик стартует с Земли, выходит на орбиту неисправного КА, снимает его с орбиты и доставляет на Землю. После восстановления работоспособности на наземной базе ТОР, этот КА с помощью ПКА-доставщика возвращается на свою рабочую орбиту.

Для реализации способа 2 необходим специальный корабль-доставщик, который может быть как пилотируемым, так и автоматическим.

На Земле может быть выполнен ремонт КА любой сложности, поскольку для этого на наземной базе ТОР или заводе-изготовителе КА всегда имеются необходимые условия, оснастка и специалисты. Однако стоимость такого ремонта может быть весьма значительной, а транспортировка КА для ремонта с орбиты на Землю не всегда возможной. В процессе подготовки КА к транспортировке на Землю необходимо принимать меры защиты некоторых элементов конструкции и БО КА

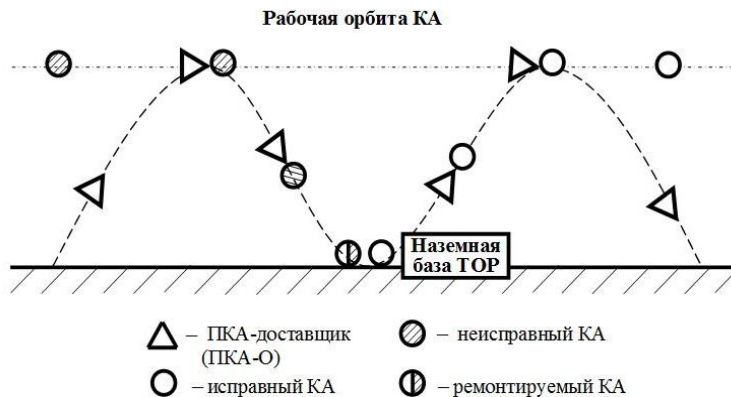


Рис. 3. Снятие неисправного КА с орбиты, доставка на Землю для выполнения ТОР с последующим возвращением его на рабочую орбиту

(солнечных батарей, антенн, оптических или астрофизических приборов и др.), которые могут либо помешать размещению КА в грузовом отсеке корабля-доставщика, либо могут быть повреждены под действием перегрузок при спуске. Особенно чувствительны к перегрузкам астрофизические телескопы.

Способ 2 неоднократно применялся экипажами многоразовых транспортных космических кораблей (МТКК) «Спейс Шаттл» для восстановления работоспособности неисправных спутников Palapa-B2 и Westar-6 (1984 г.), SFU (1996 г.), Spartan (1997 г.) [2]. В недалеком будущем в качестве ПКА-доставщика может быть использован разрабатываемый отечественный ПТК НП.

В перспективе, при наличии кораблей-доставщиков, способ 2 может быть применен для ТОР как серийных, так и единичных АКА.

**Способ 3.** Восстановление работоспособности неисправных КА непосредственно на орбитах.

Сущность этого способа заключается в проведении технического обслуживания (пополнения запасов расходуемых энерго-, хладоносителей, других материалов) и ремонта КА непосредственно на их рабочих или других орбитах с использованием ПКА-О или АКА-О.

Выполнение операций обслуживания и ремонта КА в космосе может быть возложено как на космонавтов, так и на робототехнические комплексы. К настоящему времени в ряде университетов и фирм США, Японии и Европы созданы КА-роботы, которые могли бы выполнять некоторые операции ТОР КА, однако их применение и дорого, и не всегда надежно. Проектируемые АКА-О в обозримой перспективе смогут выполнять лишь ограниченное число простейших операций по ТОР АКА. Осуществлять широкий спектр разнообразных ремонтных, настроечных и юстировочных операций, которые обычны для человека, роботам не всегда под силу. Конечно, теоретически можно заложить в них возможность выполнения любых операций, но тогда стоимость, сложность и время создания таких роботов возрастут многократно, и их применение станет экономически нецелесообразным [2].

В целях реализации задач ТОР КА, для КА должна быть создана развитая и технически обеспеченная Система технического обслуживания и ремонта (СТОР), а сами КА должны быть соответствующим образом приспособлены к выполнению ТОР.

При разработке СТОР должны решаться следующие задачи:

- организация и планирование работ ТОР;
- разработка технологических процессов профилактических и ремонтных работ на КА;
- инструментальное обеспечение профилактических и ремонтных работ на КА;
- специализированная подготовка экипажа;
- экспериментальная отработка технологических процессов ТОР на Земле.

Создание оборудования и технологии профилактических и ремонтных работ вызывает необходимость отработки их в условиях, приближенных к реальным. Такая отработка проводится на самолетах-лабораториях (СЛ), на вакуумных стендах, устанавливаемых на борту СЛ, а также в условиях имитации комбинированного воздействия факторов космического полета. Кроме того, такая отработка ведется в условиях моделируемой гидроневесомости, что особенно существенно для тренировок экипажей ПКА.

Эффективно действующая СТОР КА позволит выполнять в космосе не только ремонт дорогостоящих КА, но и осуществлять их модернизацию.

Выбор того или иного способа проведения ТОР КА в основном зависит от следующих факторов:

- вида (типа) КА;
- значимости (важности) КА и его стоимости;
- возможности выведения КА на орбиту (перевода КА с его рабочей орбиты на орбиту восстановления и обратно);
- наличия соответствующих средств ТОР, прежде всего средств «снятия» КА с орбиты;
- пригодности КА к ТОР (ремонтпригодности, технологичности и др.).

Иногда уже на этапе проектирования дорогостоящих и уникальных орбитальных КА (например, космического телескопа «Хаббл») в их конструкцию закладывается возможность проведения обслуживания, ремонта и модернизации этих КА в полете. Так, за счет осуществления пяти ремонтных миссий «Шаттлов» к телескопу «Хаббл» удалось устранить конструктивные недостатки и восстановить его работоспособность, существенно обновить исследовательское оборудование и многократно продлить ресурс.

Таким образом, успешность осуществления ТОР КА в значительной степени зависит от приспособленности КА к выполнению ТОР, а именно:

- возможность осуществления взаимодействия ПКА-О, АКА-О с КА (возможность захвата КА, стыковки и др.);
- наличие доступа к блокам, агрегатам КА, нуждающимся в ремонте;
- возможность проведения заправочно-зарядных работ на КА;
- возможность нейтрализации опасностей для космонавтов на КА (отключения, блокировки взрыво- и пожароопасных бортовых систем КА) на время его восстановления.

Указанные свойства КА, подлежащих ТОР в процессе эксплуатации, должны закладываться на этапе их проектирования с учетом заданного перспективного вида ПКА-О или АКА-О.

В отечественной космонавтике до настоящего времени использовались первый способ обеспечения исправного функционирования КА – выведение на орбиту исправных КА вместо неисправных, и третий способ – ТОР орбитальных станций «Салют» и «Мир» непосредственно на их рабочих орбитах.



В американской космонавтике, особенно после создания и ввода в эксплуатацию МТКК «Спейс Шаттл», реализовывались все три способа обеспечения исправного функционирования КА. Это было обусловлено конструктивными особенностями МТКК:

- способностью выводить на околоземную орбиту высотой 400–600 км полезные грузы массой до 17 т;
- наличием на корабле значительного по объему отсека полезного груза с возможностью его герметизации и термостатирования;
- оснащенностью корабля рядом средств механизации операций ТОР: двумя бортовыми манипуляторами, выносным рабочим местом, специальным поворотным «столом» для установки КА на время ремонта и др.

ТОР КА в космосе по способу 3 предполагает различные стратегии его осуществления с использованием как наземной базы ТОР КА, так и длительно функционирующей пилотируемой орбитальной базы (центра) обслуживания КА. Эти базы должны иметь квалифицированный персонал и необходимое оборудование, включая парк ПКА-О, АКА-О, космических буксиров-телеоператоров и др.

Выбор стратегий проведения ТОР КА в космосе осуществляется из соображений эффективности их применения. Принятая стратегия должна быть в наилучшей степени приспособлена к ТОР конкретного КА или конкретной группировки ИСЗ. При этом необходимо учитывать, что процедуры ТОР, как правило, будут носить стохастический характер, поскольку априори неизвестны моменты появления отказов КА, точные затраты времени на их устранение, а также моменты начала и продолжительность выполнения операций ТОР. Кроме того, должны учитываться экономические затраты на выполнение ТОР, специализация и уровень подготовленности космонавтов, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт автоматических и пилотируемых космических аппаратов.

### **Стратегии ТОР КА на околоземных орбитах с использованием наземной базы обслуживания КА**

При малой частоте «заявок» на техническое обслуживание и ремонт КА, то есть в тех случаях, когда объектами ТОР является небольшое количество неисправных КА, целесообразной является концепция с использованием *наземной базы технического обслуживания и ремонта КА* (НБ-ТОР) [4].

#### **Стратегия 1: Осуществление ТОР низкоорбитальных АКА на их рабочих орбитах экипажами ПКА-О.**

На рис. 4 представлена стратегия ТОР низкоорбитальных КА с использованием наземной базы технического обслуживания и ремонта КА и ПКА-О.

В соответствии с данной стратегией экипаж специализированного ПКА-О выводит свой корабль на орбиту неисправного КА, сближается с ним и выполняет ТОР автоматического КА на его рабочей орбите. При необходимости ПКА-О может также выполнить коррекцию орбиты обслуживаемого КА с помощью своей ДУ.

По окончании ТОР КА остается на рабочей орбите и продолжает штатное функционирование. ПКА-О либо возвращается на Землю, либо приступает к обслуживанию следующего КА.

Данная стратегия использовалась экипажами МТКК «Спейс Шаттл» при выполнении ТОР космического телескопа HST («Хаббл»).

До настоящего времени проблема ТОР рассматривалась и решалась применительно к КА (АКА, ПТК и ОКС), функционирующим на низких околоземных

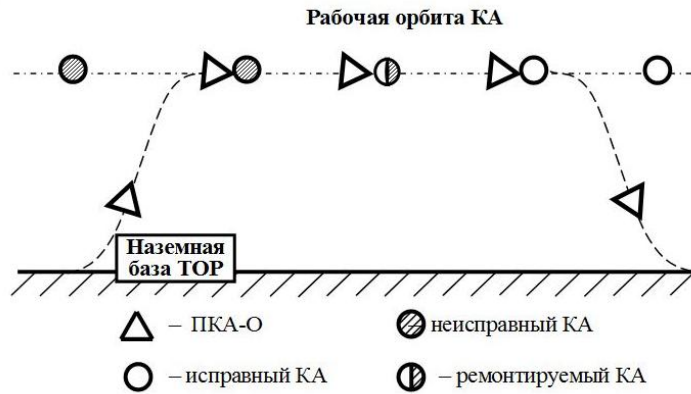


Рис. 4. ТОР КА на его рабочей орбите

орбитах высотой до ~600 км. Однако в будущем может возникнуть необходимость ТОР космических аппаратов, находящихся на более высоких орбитах.

В этом случае целесообразно проведение 2, 3 и 4 стратегий ТОР.

**Стратегия 2: ТОР высокоорбитальных КА на рабочей орбите ПКА-О.**

При реализации данной стратегии ТОР специализированный ПКА-О (из состава НБ-ТОР) предварительно выводится на штатную рабочую орбиту. Неисправный КА доставляется на рабочую орбиту ПКА-О одним из возможных способов – с помощью собственной ДУ или с помощью межорбитального буксира. После выполнения экипажем ПКА-О ТОР неисправного КА, этот КА одним из описанных выше способов возвращается на свою рабочую орбиту. ПКА-О либо возвращается на Землю, либо приступает к обслуживанию следующего высокоорбитального КА (рис. 5).

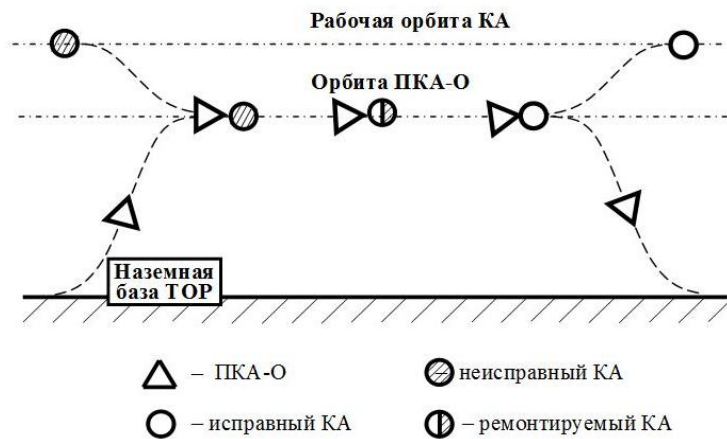


Рис. 5. ТОР высокоорбитального КА на рабочей орбите ПКА-О

В составе ПКА-О может быть конструктивно предусмотрено наличие межорбитального буксира (МБ) либо возможность его доукомплектования МБ в случае необходимости.

В общем виде последовательность операций обслуживания КА по стратегии 2 представлена на рис. 6.



Рис. 6. Последовательность операций обслуживания КА на орбите ПКА-О

По стратегии 2 обслуживались спутники Syncom 4F3 в 1985 году. По этой же стратегии могут обслуживаться и перспективные свободнолетающие автоматические КА, предназначенные для выполнения НИИ или задач экспериментально-промышленного производства различных материалов или препаратов. На практике подобное обслуживание выполнялось на АКА EURECA и WSF (1992 г.).

### Стратегия 3: ТОР высокоорбитальных КА на промежуточных орбитах.

В соответствии с данной стратегией ТОР КА выполняется на орбите, не являющейся штатной ни для обслуживаемого КА, ни для ПКА-О. Такая ситуация

возможна, когда КА не был штатно выведен на заданную орбиту (например, геостационарную), а в результате неисправности ДУ остался на некоторой низкой нерасчетной орбите. На практике подобные нештатные ситуации (НшС) происходили многократно. Сближение КА и ПКА-О в целях обслуживания спутника возможны как с помощью ДУ ПКА-О, так и в ряде случаев за счет ДУ обслуживаемого КА.

По стратегии 3 осуществлялся ремонт ИСЗ Intelsat-6 в 1992 году.

**Стратегия 4: ТОР высокоорбитальных КА экипажами ПКА-О с использованием КА-телеоператоров.**

Данная стратегия предусматривает использование совместно с ПКА-О специального КА-телеоператора, который совмещает в себе функции космического буксира и манипулятора. В соответствии со стратегией 4, специализированный ПКА-О выводится на штатную рабочую орбиту. КА-телеоператор направляется на рабочую орбиту неисправного КА, захватывает его и доставляет на ПКА-О. После проведения ТОР КА-телеоператор возвращает исправный КА на его рабочую орбиту. ПКА-О либо возвращается на Землю, либо приступает к обслуживанию следующего высокоорбитального КА (рис. 7).

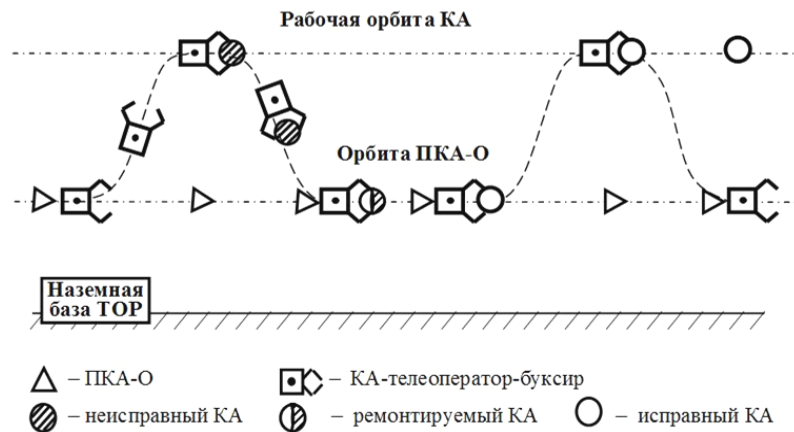


Рис. 7. ТОР КА экипажем ПКА-О с использованием КА-телеоператора

В зависимости от степени участия экипажа ПКА-О в выполнении работ по ТОР возможны три способа: автоматический, полуавтоматический и ручной. Так, например, заправка КА топливом из емкостей ПКА-О может осуществляться в автоматическом и полуавтоматическом режимах. Все отечественные ОКС дозаправлялись топливом с использованием автоматических систем транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс». Однако имеются разработки переносных (ранцевых) устройств заправки (дозаправки) КА топливом. Часть операций (подключение, контроль, отсоединение, перенос) выполняется космонавтом, а другая часть операций (собственно перекачка жидкости из емкости ПКА-О в емкость КА) – автоматически.

### Стратегии ТОР КА на орбите с использованием орбитальной базы обслуживания КА

В дальней перспективе, когда частота «заявок» на ТОР группировок различных КА существенно увеличится, может стать более рентабельной концепция, основанная на использовании постоянно функционирующей на околоземной орбите специальной *орбитальной базы технического обслуживания и ремонта КА* (ОБ-ТОР).

Целевые исследования по определению целесообразности создания ОБ-ТОР группировки перспективных КА были проведены в 85–90 гг. в СССР и США (в рамках известной программы СОИ).

ОБ-ТОР в перспективе может представлять собой сложный орбитальный комплекс, оснащенный:

- запасом расходуемых топлива, других жидкостей, газов, запасных частей и т.п.;
- платформами для размещения КА на время проведения их технического обслуживания и восстановительного ремонта;
- набором обслуживающих КА (ПКА-О, АКА-О, межорбитальных буксиров, КА-телеоператоров и др.);
- системой управления процессом ТОР (совместно с ЦУПом).

Наличие ОБ-ТОР обеспечивает возможность реализации большого количества стратегий ТОР КА.

В качестве орбитальной базы для обслуживания КА может использоваться и ОКС. В этом случае она должна быть приспособлена к выполнению операций ТОР, а ее экипаж должен быть соответствующим образом подготовлен. В составе ОКС также должны быть необходимые обслуживающие КА многократного применения. Ниже приведены стратегии ТОР КА с использованием ОКС в качестве ОБ-ТОР.

**Стратегия 5: Обслуживание свободнолетающих автоматических КА экипажем ОКС** (рис. 8).

Обслуживание экипажами ОКС свободнолетающих автоматических КА, создаваемых в вариантах а) и б), предполагает либо выполнение операций ТОР в открытом космосе, либо помещение АКА в герметичный отсек ОКС и дальнейшее обслуживание его космонавтами.

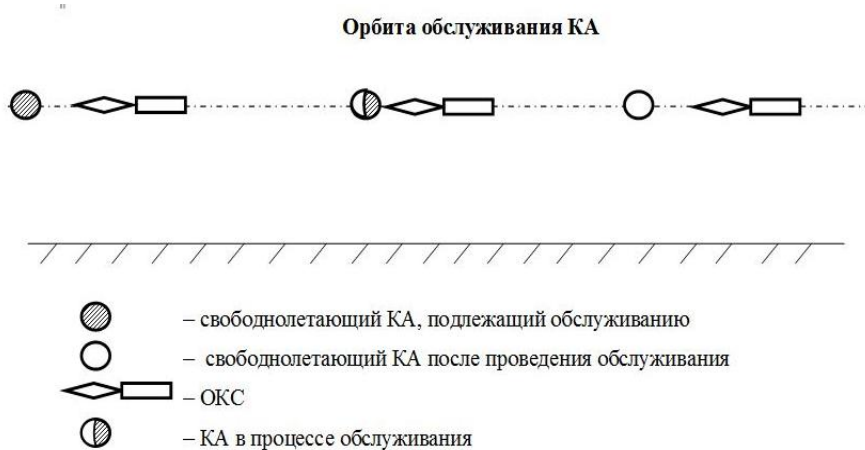


Рис. 8. Обслуживание свободнолетающего КА экипажем ОКС

Свободнолетающие посещаемые автоматические КА, создаваемые в варианте в), должны быть оснащены соответствующими средствами обеспечения жизнедеятельности и безопасности космонавтов, рассчитанными с учетом частоты посещения и длительности пребывания на них космонавтов, а также их возможной численности. Техническое обслуживание этих АКА предусматривает объединение (после стыковки) герметичного отсека посещаемого АКА с герметичными отсеками ОКС и дальнейшее выполнение операций ТОР. Подобная схема работ в рамках программы МКС предусмотрена на перспективном российском свободнолетающем КА «ОКА-Т».

Свободнолетающие АКА также могут обслуживаться специализированными ПКА-О из состава ОКС.

#### Стратегия 6: Обслуживание КА на их рабочих орбитах экипажем ОКС.

В соответствии с данной стратегией, обслуживанию подлежит КА, находящийся на орбите, отличной от орбиты ОКС. Экипаж для выполнения ТОР КА (из состава членов экипажа ОКС) доставляется с ОКС на КА и обратно каким-либо транспортным средством (рис. 9).



Рис. 9. Обслуживание КА на его рабочей орбите экипажем ОКС

В данном случае в состав ОКС должно входить транспортное средство, способное безопасно доставить экипаж на орбиту КА и вернуть его на ОКС. Такими средствами могут быть: небольшой ТПК (например, «минишаттл»), универсальная платформа для транспортировки и орбитального обслуживания КА, специальный модульный «космобус», средство передвижения космонавтов (СПК) и др. Это транспортное средство должно, кроме доставки экипажа, также доставлять и все необходимое оборудование для обслуживания КА (запасные части, контрольно-проверочную аппаратуру, инструмент и пр.).

#### Стратегия 7: Обслуживание ИСЗ, доставленных на ОКС с других орбит.

Данная стратегия предусматривает проведение ТОР космического аппарата, доставленного с его рабочей орбиты на ОКС с помощью телеоператора-буксира (рис. 10) или с помощью собственной ДУ. После выполнения ТОР этот КА с помощью того же телеоператора-буксира или собственной ДУ возвращается на свою рабочую орбиту.

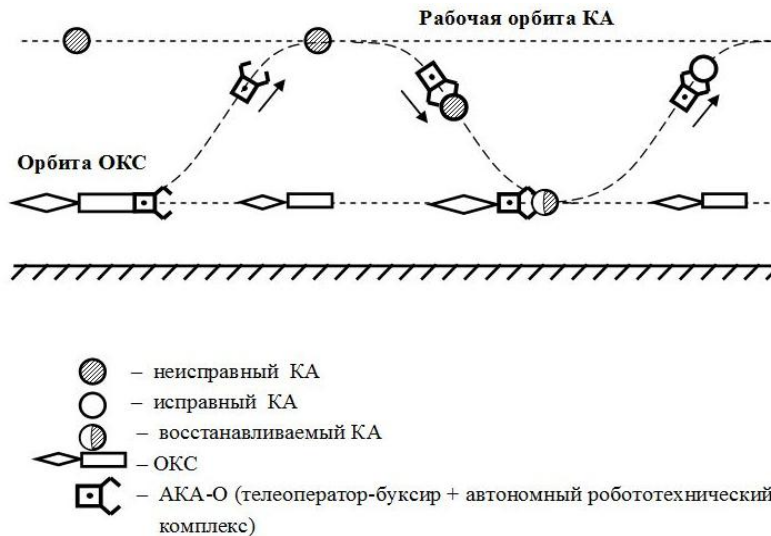


Рис. 10. Доставка КА с его рабочей орбиты для выполнения ТОР на ОКС

Межорбитальные переходы КА в данном варианте обслуживания могут быть компланарными (плоскости орбиты ОКС и КА совпадают) и некомпланарными (плоскости орбит ОКС и КА не совпадают).

**Стратегия 8: Обслуживание КА автоматическими КА-О (роботами), направляемыми с ОКС.**

Стратегия 8 подобна стратегии 6 (рис. 9), однако в данном случае КА на его рабочей орбите обслуживается не членами экипажа ОКС, доставляемым с ОКС на орбиту неисправного КА каким-либо транспортным средством, а автоматическим КА-О (роботом).

Несмотря на ограниченный состав операций по обслуживанию неисправных КА подобными АКА-О, в ряде случаев КА-роботы могут использоваться на практике. Особенно полезными они могут быть на радиационно опасных орбитах ИСЗ, а также при выполнении простых, но трудоемких операций на серийных КА.

Роль экипажа ОКС в данном варианте обслуживания КА сводится к подготовке АКА-О, обеспечению его сближения с неисправным КА, контролю процесса обслуживания этого КА, приему возвращающегося АКА-О и подготовке его к очередным операциям ТОР КА.

**Стратегия 9: Обслуживание КА с использованием элементов распределенной ОКС.**

Одним из вариантов перспективной ОКС может быть создание ее в виде орбитального пилотируемого сборочно-экспериментального комплекса (ОПСЭК). Комплекс ОПСЭК может быть сформирован в виде нескольких специализированных компактных ОКС (модулей), размещенных на нескольких орбитах в различных плоскостях (рис. 11). Один из таких модулей (модуль Б) должен играть роль базового, другие (Д1, Д2) – роль вспомогательных.



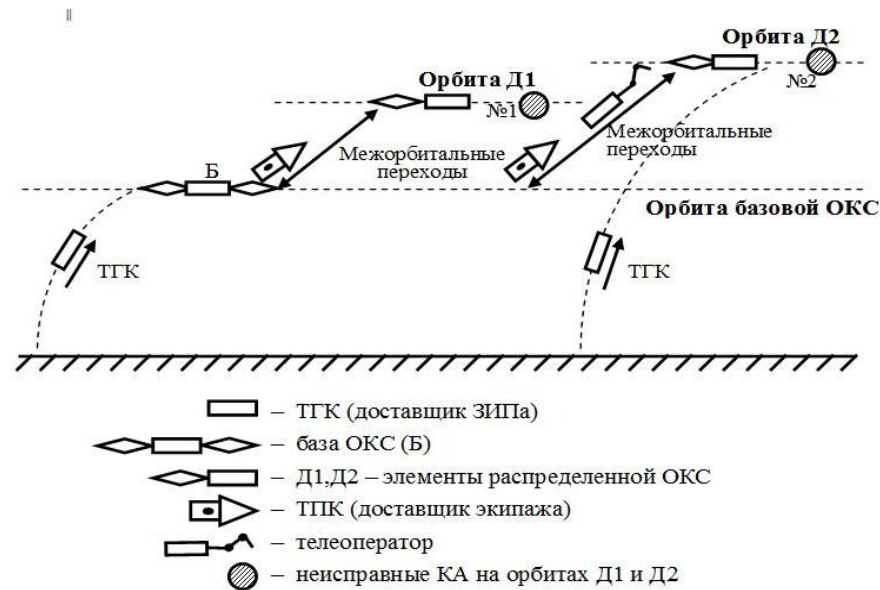


Рис. 11. Обслуживание ИСЗ с использованием «распределенной» ОКС

Модули ОПСЭК могут использоваться как для проведения научных исследований, экспериментально-промышленного производства в космосе, так и для ТОР КА. В целях эффективного применения ОПСЭК все эти задачи должны быть распределены по модулям ОКС и строго сбалансированы.

В интересах решения задач ТОР КА базовый модуль должен быть хранилищем ЗИПа для всех обслуживаемых КА. В состав ЗИПа должны включаться аппаратные (блоки, модули, электронные платы и пр.) и программные компоненты, контрольно-проверочная аппаратура, базы данных по обслуживаемым КА, бортовой инструмент.

Состояние ЗИПа (состав, количество, размещение, динамика расходования и пр.) должно контролироваться с Земли с помощью бортовой системы инвентаризации. Экипаж базовой ОКС должен быть максимально освобожден от разгрузочно-погрузочных, инвентаризационных, профилактических и других рутинных работ с ЗИПом. Пополнение ЗИПа возможно с помощью беспилотных ТГК. В случае нахождения базовой и вспомогательной ОКС в различных орбитальных плоскостях при перемещении экипажей и ЗИПа будет необходимо выполнение межорбитальных маневров. Дорогостоящее и уникальное оборудование, отказавшее на КА, может возвращаться на базовую ОКС для его последующего тестирования и ремонта.

### Функции космонавтов при решении задач ТОР КА

Проведенный анализ возможных стратегий ТОР КА позволяет выявить функции и задачи, которые должны выполнять космонавты в процессе обслуживания КА и по которым они должны быть подготовлены (табл. 1).



Таблица 1

## Функции и задачи космонавтов при проведении ТОР КА

№ п/п	Краткая характеристика способов обеспечения исправного функционирования КА и стратегий ТОР КА	Операторские функции и задачи, по которым космонавты должны быть подготовлены
1	Выведение на орбиту работоспособного КА взамен неисправного (Способ 1)	Участие космонавтов не требуется, за исключением случаев выведения КА в отсеках ПКА
2	Доставка неисправного КА на Землю для выполнения ТОР и возвращение его на орбиту (Способ 2)	<p>Выведение ПКА-доставщика на орбиту неисправного КА</p> <p>Сближение с неисправным КА и захват его манипулятором ПКА-доставщика</p> <p>Установка и фиксация КА в ложементах ПКА-доставщика</p> <p>Доставка неисправного КА на Землю</p> <p>Выполнение ТОР неисправного КА</p> <p>Возвращение КА на орбиту с помощью ПКА-доставщика</p> <p>Возвращение ПКА-доставщика на Землю</p>
3	ТОР низкоорбитального КА на его рабочей орбите экипажем ПКА-О (Способ 3, стратегия 1)	<p>Выведение ПКА-О на рабочую орбиту КА</p> <p>Сближение с неисправным КА</p> <p>Захват КА манипулятором, при необходимости фиксация КА на ПКА-О</p> <p>Обслуживание и ремонт КА (ВКД)</p> <p>Подготовка и отправка КА в свободный полет</p> <p>Возвращение ПКА-О на Землю</p>
4	ТОР высокорбитального КА на рабочей орбите ПКА-О (Способ 3, стратегия 2)	<p>Выведение ПКА-О на рабочую орбиту</p> <p>Доставка неисправного КА на орбиту ПКА-О (как правило, без участия экипажа)</p> <p>Сближение ПКА-О с неисправным КА</p> <p>Захват КА, подготовка к ТОР</p> <p>Обслуживание и ремонт КА в условиях ОК</p> <p>Подготовка к возвращению и возвращение восстановленного КА на его рабочую орбиту</p> <p>Возвращение ПКА-О на Землю</p>
5	ТОР высокорбитального КА на промежуточной орбите (Способ 3, стратегия 3)	<p>Выведение ПКА-О на промежуточную орбиту</p> <p>Сближение ПКА-О с неисправным КА и его захват</p> <p>ТОР КА в ОК (в ходе ВКД)</p> <p>Освобождение восстановленного КА из захвата ПКА-О</p> <p>Безопасное расхождение КА и ПКА-О</p> <p>Возвращение ПКА-О на свою рабочую орбиту</p>

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Краткая характеристика способов обеспечения исправного функционирования КА и стратегий ТОР КА	Операторские функции и задачи, по которым космонавты должны быть подготовлены
6	ТОР высокорбитального КА экипажем ПКА-О с применением КА-телеоператора (Способ 3, стратегия 4)	<p>Выведение ПКА-О с КА-телеоператором на свою рабочую орбиту</p> <p>Подготовка КА-телеоператора (с буксиром) к штатной работе с неисправным КА</p> <p>Выведение КА-телеоператора на орбиту неисправного КА</p> <p>Захват КА и доставка на ПКА-О ТОР КА</p> <p>Возвращение КА на его рабочую орбиту (возможно с помощью того же КА-телеоператора с буксиром)</p> <p>Возвращение КА-телеоператора на ПКА-О</p>
7	Обслуживание экипажем ОКС свободнолетающего автоматического КА (Способ 3, стратегия 5)	<p>Сближение и стыковка ОКС и КА</p> <p>Открытие переходных люков ОКС-КА и объединение их герметичных отсеков (для КА, имеющих герметичные отсеки)</p> <p>ТОР целевой аппаратуры и служебного оборудования КА</p> <p>Изъятие (снятие) результатов работы целевой аппаратуры КА и подготовка их к доставке на Землю</p> <p>Подготовка целевой аппаратуры КА (снаряжение) к очередному циклу работы</p> <p>Закрытие люков ОКС-КА, расстыковка и выведение КА в свободный полет</p> <p><i>Примечание:</i> В случае, если свободнолетающий КА выполнен в варианте открытой платформы, его обслуживание может выполняться в ОК в ходе ВКД</p>
8	Обслуживание экипажем ОКС КА на его рабочей орбите (Способ 3, стратегия 6)	<p>Подготовка транспортного средства для доставки экипажа на орбиту неисправного КА (ТПК, универсальной платформы, СПК и др.)</p> <p>Доставка экипажа и необходимого ЗИПа на орбиту неисправного КА</p> <p>ТОР КА</p> <p>Возвращение экипажа на ОКС</p>

Окончание таблицы 1

№ п/п	Краткая характеристика способов обеспечения исправного функционирования КА и стратегий ТОР КА	Операторские функции и задачи, по которым космонавты должны быть подготовлены
9	Обслуживание КА, доставленного на ОКС с другой орбиты (Способ 3, стратегия 7)	Доставка КА на ОКС в автоматическом или телеоператорном режиме (в последнем случае экипаж ОКС обеспечивает доставку, в т.ч. сближение и, при необходимости, стыковку КА с ОКС) ТОР КА Возвращение КА на свою рабочую орбиту (расстыковка, выполнение или контроль выполнения доставки КА на рабочую орбиту)
10	Обслуживание КА автоматическим КА-О (роботом), направляемым с ОКС (Способ 3, стратегия 8)	Подготовка АКА-О (робота) к ТОР неисправного КА (заправка, тестирование, снаряжение, ЗИП) Выведение АКА-О (робота) на орбиту обслуживания КА ТОР КА в автоматическом режиме Возвращение АКА-О (робота) на ОКС Прием, консервация или подготовка АКА-О (робота) к очередному обслуживанию неисправных КА
11	Обслуживание КА в условиях распределенной ОКС (модули ОКС функционируют автономно на нескольких орбитах в различных орбитальных плоскостях) (Способ 3, стратегия 9)	Обеспечение хранения, учета и пополнения ЗИПа для обслуживаемых КА на базовом модуле ОКС Поставка ЗИПа на дочерние модули ОКС и обслуживаемые КА Обеспечение межорбитальных переходов КА Эксплуатация ТПК и ТГК, участвующих в обеспечении операций ТОР КА Эксплуатация различных робототехнических и иных средств, участвующих в ТОР Выполнение ТОР КА в различных режимах (ручной, полуавтоматический, автоматический)

### Факторы опасности для экипажей ПКА-О в процессе выполнения ТОР КА

Процессы выполнения ТОР КА в космосе всегда сопряжены с определенной опасностью для космонавтов. Наибольшую опасность представляют работы, выполняемые в открытом космосе.

В ходе выполнения ТОР на экипажи ПКА-О воздействует ряд факторов, состав и степень влияния которых определяются внешними условиями, в которых функционируют космические аппараты (объекты); ТТХ обслуживаемого и обслуживающего КА; динамикой полета КА, участвующих в ТОР; степенью подготовленности космонавтов и операторов ЦУПа.

В общем виде совокупность факторов опасности для космонавтов, выполняющих ТОР КА, можно представить в виде структурной схемы (рис. 12).

Рассмотренные факторы опасности должны учитываться на всех стадиях создания и эксплуатации КА, включая этапы технического обслуживания и ремонта.

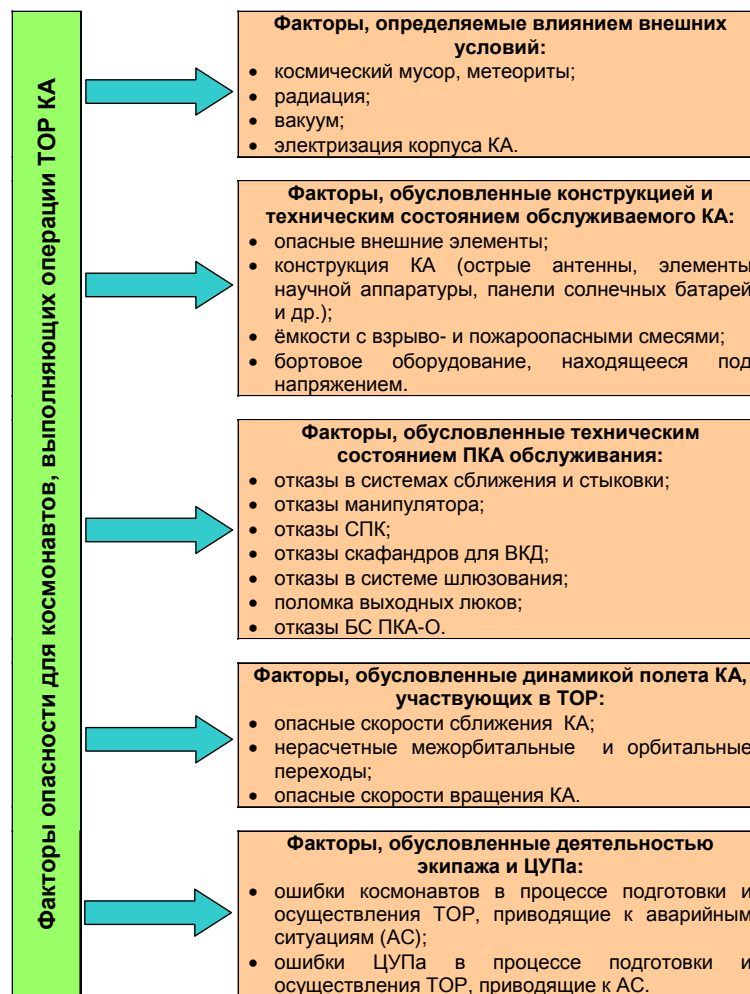


Рис. 12. Факторы опасности для космонавтов, выполняющих операции ТОР КА

## Мероприятия по обеспечению безопасности осуществления ТОР КА

### Этапы создания КА и системы ТОР КА

1. Разработка раздела программы обеспечения безопасности выполнения операций ТОР КА в космосе, реализуемой на этапе создания КА и Системы ТОР КА.

2. Разработка комплекса проектных математических моделей с целью анализа безопасности операций ТОР КА, выполняемых космонавтами, а также безо-

пасности СТОР КА. Облик и характеристики проектных моделей определяются: комплексным охватом различных параметров КА и СТОР КА, условий и факторов, сопутствующих операциям ТОР КА; учетом особых требований и ограничений; характером развития аварийных ситуаций в ходе ТОР; требованиями получения обобщенных и частичных оценок безопасности ТОР КА.

3. Разработка комплекса мероприятий по спасению космонавтов в случае аварийных ситуаций, возникших при осуществлении ТОР КА. Данный комплекс мероприятий должен предусматривать как создание специальных технических средств, так и разработку приемов их использования, в том числе с участием Земли.

4. Обеспечение высокой надежности функционирования бортового оборудования КА схемно-конструкторскими и технологическими методами. Кроме стандартных методов повышения надежности, используемых в технике, должны разрабатываться специальные методы защиты экипажа, обеспечивающие его безопасность при воздействии неблагоприятных факторов космического полета.

5. Обоснование безопасных стратегий ТОР КА.

6. Проведение наземной комплексной отработки процессов ТОР КА, сочетающей использование обеспечивающих систем (скафандры, системы шлюзования, системы перемещения космонавта и др.) и выполнение целевых задач, в том числе в открытом космосе. Для наземной экспериментальной отработки должны быть предусмотрены средства натурального моделирования операций ТОР КА, позволяющие воспроизводить условия, близкие к условиям космического полета.

7. Создание комплекса технических средств и системы тренировок экипажей, обеспечивающих подготовку космонавтов к эксплуатации ТОР КА во всех штатных режимах и при возникновении нештатных ситуаций.

8. Подтверждение при испытаниях характеристик, обеспечивающих безопасность ТОР КА.

#### **Этап выполнения ТОР КА (этап космического полета)**

1. Обеспечение подготовленности космонавтов в полном объеме программ ТОР КА, а также по действиям в нештатных (аварийных) ситуациях. При этом отрабатываются методы устранения отказов техники, приемы помощи и взаимопомощи космонавтов, трассы эвакуации, взаимодействие с экипажем базового ПКА-О и ЦУПом.

2. Реализация мер по обеспечению надежности КА, СТОР КА и безопасности ТОР КА эксплуатационными методами.

3. Проведение тренировок экипажа на борту ПКА-О перед первым выходом в открытый космос, при длительных перерывах между выходами и перед выполнением оперативных задач (при необходимости) ТОР КА.

4. Проведение тренировок ЦУПа по обеспечению ТОР КА (автономно и совместно с экипажем ПКА-О).

5. Синхронное сопровождение операций ТОР КА с использованием наземных комплексов натурального и полунатурного моделирования.

6. Постоянный медицинский контроль ЦУПом состояния экипажа, выдача в оперативном порядке рекомендаций космонавтам в случае отклонений в состоянии здоровья или при НшС в ходе ТОР КА.

7. Оперативный контроль ЦУПом выполнения циклограммы работ и анализ технического состояния элементов СТОР. Разработка и своевременная выдача на борт необходимых рекомендаций.

8. Организационное и техническое обеспечение спасательных операций средствами, размещенными как на Земле, так и на орбите ПКА.

9. Совершенствование СТОР и мер ее безопасного применения по результатам выполненных экипажами операций ТОР КА.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Основные положения основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу, утверждены Президентом Российской Федерации 19 апреля 2013 г. № Пр-906.
- [2] Крючков Б.И. Техническое обслуживание и ремонт в космосе. Учебно-справочное пособие (Ч. 1). – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2010. – 257 с.
- [3] Ярополов В.И., Сосюрка Ю.Б., Ларин А.Г., Крючков Б.И. Руководство для специалистов по научно-техническому сопровождению разработки пилотируемых космических аппаратов (комплексов). – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2013. – 239 с.
- [4] Довженко В.А., Сосюрка Ю.Б. Основы транспортно-технического обеспечения, технического обслуживания, ремонта и сборки космических объектов и ремонт. Учебное пособие – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2012. – 98 с.
- [5] Митин А.Т., Митина А.А. Орбитальное маневрирование космических объектов при решении задач технического обслуживания и ремонта искусственного спутника Земли [Текст] // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(2) – 2011. – С. 47–56.
- [6] ГОСТ Р 53802-2010 Системы и комплексы космические. Термины и определения.
- [7] <http://www.vz.ru/society/2012/12/26/613858.print.html>.
- [8] [http://www.energia.ru/rus/news/news-2009/public\\_08.html](http://www.energia.ru/rus/news/news-2009/public_08.html).
- [9] <http://www.infuture.ru/article/7384>.

УДК 629.78.072.8

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ СОСТОЯНИЯ  
ОРБИТАЛЬНОГО ПИЛОТИРУЕМОГО КОМПЛЕКСА**

А.А. Курицын, В.И. Ярополов

Докт. техн. наук, доцент А.А. Курицын; заслуженный деятель РФ, докт. техн. наук, профессор В.И. Ярополов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлена пространственно-временная модель (ПВМ) состояния орбитального пилотируемого комплекса (ОПК), созданная с использованием аппарата дискретной математики, теории множеств и теории вероятностей. Рассмотрены обобщенная модель системы ОПК, множества состояний ОПК, представлены матрицы вероятностей перехода между состояниями.

**Ключевые слова:** орбитальные пилотируемые комплексы, тренажеры, Международная космическая станция, пространственно-временная модель, матрица вероятностей перехода.

**Space-time model of the state of a manned orbital complex. A.A. Kuritsyn, V.I. Yaroplov**

The paper presents a space-time model (STM) of the state of a manned orbital complex (MOC) created using the discrete mathematical apparatus, set theory, and probability theory. A generalized model of the MOC, the set of MOC states, state transition probability matrices are also considered here.

**Keywords:** manned orbital complexes, simulators, the International Space Station, a space-time model, transition probability matrix.

Созданная и эксплуатируемая в настоящее время Международная космическая станция представляет собой комплекс, состоящий из 16 модулей. Экипаж на борту МКС может выполнять тысячи различных полетных операций. Существующая программа полета МКС предусматривает одновременную подготовку до 15 экипажей МКС, программа подготовки каждого экипажа может включать 15–20 тренировок на тренажерах ОПК [1]. Отработать на тренажерах в процессе подготовки все полетные операции невозможно, тем более привить устойчивые навыки их выполнения. Перед специалистом по подготовке экипажа стоит задача не только создать оптимальные программы подготовки, но и иметь возможность адаптивного управления самим процессом подготовки.

Так как во время тренировок на комплексных тренажерах ОПК имитируется деятельность экипажа в полете, то авторы в интересах оптимизации процессов подготовки космонавтов предприняли попытку математического описания состояния ОПК в полете. Предложена пространственно-временная модель состояния ОПК, которая позволяет с использованием аппарата дискретной математики, теорий множеств и теории вероятностей разработать методы адаптивного управления подготовкой космонавтов на тренажерах. В данной статье на основе предложенного подхода рассматриваются ПВМ состояния ОПК как в нештатных, так и в штатных ситуациях, и матрицы вероятностей перехода между состояниями ОПК.

Для выявления ПВМ рассмотрим обобщенную модель системы ОПК [2], представленную на рис. 1.

Любая система орбитального пилотируемого комплекса в процессе своего функционирования взаимодействует с внешней по отношению к ней средой. Указанное взаимодействие осуществляется посредством управлений  $U_{<\eta>}$ , возмуще-

ний  $\Xi_{<\mu>}$  и реакций  $Y_{<\nu>} = [y_1, y_2, \dots, y_\nu]$ . Функционирование системы описывается алгоритмом  $G: U_{<\eta>} \times \Xi_{<\mu>} \times Z_{<\rho>} \Rightarrow Y_{<\nu>}$ , определяющим порядок и логические условия преобразования управлений и возмущений в реакции системы. При фиксированном алгоритме функционирование системы полностью определяется набором числовых параметров  $\Psi_{<\xi>} = [\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\xi]$ ,  $\Psi_{<\xi>} \in G$ , входящих в его состав [2].

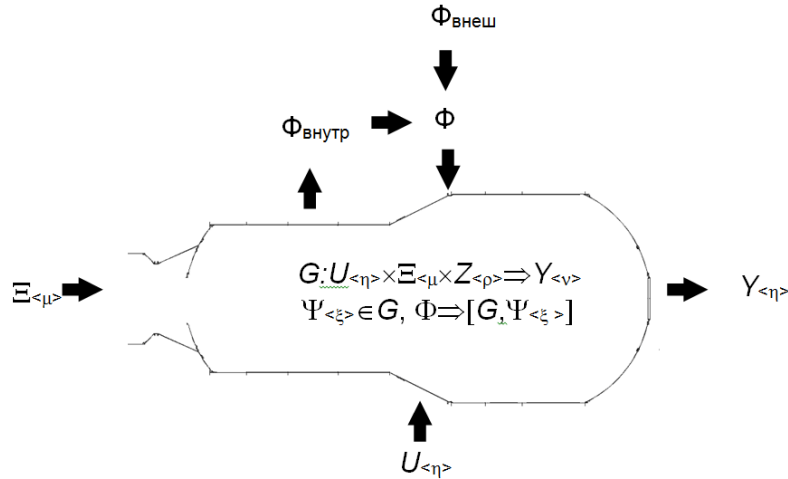


Рис. 1. Обобщенная модель системы ОПК

Условием штатной работы системы является выполнение ограничений  $G: U_{<\eta>} \in \{M_U\}$ ,  $\Xi_{<\mu>} \in \{M_\Xi\}$ ,  $Y_{<\nu>} \in \{M_Y\}$  на допустимые значения управлений, возмущений и реакций соответственно. Однако даже при выполнении ограничений по управлениям и возмущениям система может оказаться в нештатном режиме функционирования из-за изменения в результате воздействия внешних  $\Phi_{внеш} \subset \Phi$  и внутренних  $\Phi_{внутр} \subset \Phi$  факторов ее алгоритма работы  $G$  и параметров  $\Psi_{<\xi>}$ .

Важным содержанием деятельности экипажа на борту станции является увязка по назначению и содержанию различных полетных операций  $O_i$ , которым соответствует одна или несколько целей. Полетная операция  $O_i$  является основной оперативной единицей деятельности экипажа. Подразумевается, что полетная операция связывается с деятельностью экипажа на борту ОПК, но если говорить о станции в целом, то можно сказать, что к полетным операциям относятся действия, связанные с эксплуатацией систем станции или выполнением космических экспериментов, проводимых не только непосредственно экипажем, но и выполняемых автоматически по заданию специалистов ЦУПа. Таким образом, в упрощенном виде при отсутствии нештатных ситуаций функционирование ОПК можно представить как последовательность выполнения полетных операций по эксплуатации бортовых систем станции и проведению космических экспериментов, которые могут выполняться как экипажем станции, так и автоматически по заданию ЦУПа.

При выполнении  $O_i$  интерес представляет конкретная траектория изменения системы. Для ее определения должны быть заданы начальные условия  $Z_{0<\rho>} = [z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0\rho}]$  функционирования системы на момент  $t_0$  выполнения полетной операции.



Пространственно-временная модель ОПК (рис. 2) представляет собой область всех возможных состояний ОПК в полете. Каждая система ОПК характеризуется набором наблюдаемых параметров. В целом, множество наблюдаемых параметров всех систем образует вектор  $S_{\langle\chi\rangle} = [s_1, s_2, \dots, s_\chi]$  наблюдаемых параметров ОПК [2, 3]. Совокупность значений этого вектора в процессе штатного и нештатного функционирования систем ОПК задает пространство его состояний  $\{M_S\}$ , в котором состояние ОПК на рассматриваемый момент времени  $t_T$  обозначено  $S_{i\langle\chi\rangle}$ . При штатном функционировании системы, когда управляющие воздействия (управления)  $U_{\langle\eta\rangle} = [u_1, u_2, \dots, u_\eta]$  принадлежат области  $\{M_U\}$  допустимых управлений  $U_{\langle\eta\rangle} \in \{M_U\}$ , а внешние возмущения  $\Xi_{\langle\mu\rangle} = [\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_\mu]$  принадлежат области  $\{M_\Xi\}$  допустимых возмущений  $\Xi_{\langle\mu\rangle} \in \{M_\Xi\}$ , ее состояния  $S_{i\langle\chi\rangle}$  описывают траекторию  $Z_{\langle\rho\rangle}(t) = [z_1(t), z_2(t), \dots, z_\rho(t)]$ , которая всегда находится в области  $\{M_{S_{шс}}\}$ . При отсутствии возмущений траектория  $Z_{\langle\rho\rangle}(t)$  представляет собой штатную программу полета ОПК. Управляющие воздействия  $U_{\langle\eta\rangle}$  могут вызываться автоматическими алгоритмами управления ОПК, выдача которых в основном производится из ЦУПа с использованием командной радиолинии средствами бортового комплекса управления. Второй вариант выдачи управляющих воздействий в системы ОПК – это выполнение полетных процедур экипажем на борту станции. Оба варианта подразумевают выполнение полетных операций  $O_i$ . В результате выполнения заданной полетной операции состояние системы переходит из  $S_{1\langle\chi\rangle}$  в  $S_{2\langle\chi\rangle}$  в момент времени  $t_{\text{по2}}$ . Длительность выполнения полетной операции составит  $\tau_{\text{по2}}$ .

При некоторых управляющих воздействиях  $U_{\langle\eta\rangle} \notin \{M_U\}$  или воздействиях внешних возмущений  $\Xi_{\langle\mu\rangle} \notin \{M_\Xi\}$  траектория процесса  $Z_{\langle\rho\rangle}(t)$  может отклониться от штатной и устремиться в сторону границы области  $\{M_{S_{шс}}\}$ . Момент  $t_{\text{шс1}}$  пересечения границы области  $\{M_{S_{шс}}\}$  представляет собой момент появления НшС, а состояние  $S_{\text{шс1}\langle\chi\rangle}$ , лежащее на траектории процесса  $Z_{\langle\rho\rangle}(t)$  в области  $\{M_{S_{шс}}\}$ , описывает содержание НшС. Основные характеристики этой части процесса могут быть использованы для прогнозирования НшС [2].

В результате управляющих воздействий  $U_{\text{вых1}\langle\eta\rangle} = [u_{\text{вых1,1}}, u_{\text{вых1,2}}, \dots, u_{\text{вых1,\eta}}]$  на систему в процессе реализации алгоритма  $P_{\text{вых1}}$  выхода из НшС траектория  $Z_{1\langle\rho\rangle}(t)$  процесса может снова вернуться в область  $\{M_{S_{шс}}\}$  и достигнуть состояния  $S_{3\langle\chi\rangle}$ , характеризующей штатную целевую функцию системы. Время от момента  $t_{\text{шс1}}$  до момента  $t_{\text{вых1}}$  повторного пересечения границы области  $\{M_{S_{шс}}\}$  представляет собой время  $\tau_{\text{вых}}$  выхода из НшС.

При отсутствии управляющего воздействия  $U_{\text{вых1}\langle\eta\rangle}$  траектория  $Z'_{1\langle\rho\rangle}(t)$  процесса может достигнуть области  $\{M_{S_{AC1}}\}$  аварийных состояний системы, и система перейдет в аварийное состояние  $S_{AC1\langle\chi\rangle}$ . При наличии общей границы областей  $\{M_{S_{шс}}\}$  и  $\{M_{S_{AC}}\}$  переход в аварийное состояние  $S_{AC2\langle\chi\rangle}$  наблюдается сразу же при пересечении границы области  $\{M_{S_{шс}}\}$  штатных состояний системы.

Как в области  $\{M_{S_{шс}}\} \setminus \bigcup_i \{M_{S_{ACi}}\}$  безаварийных НшС, так и в областях  $\{M_{S_{AC1}}\}$  аварийных ситуаций имеются поглощающие области типа  $\{M_{S_{\Pi i}}\}$ , выход из состояния  $S_{\Pi i\langle\chi\rangle}$  невозможен.

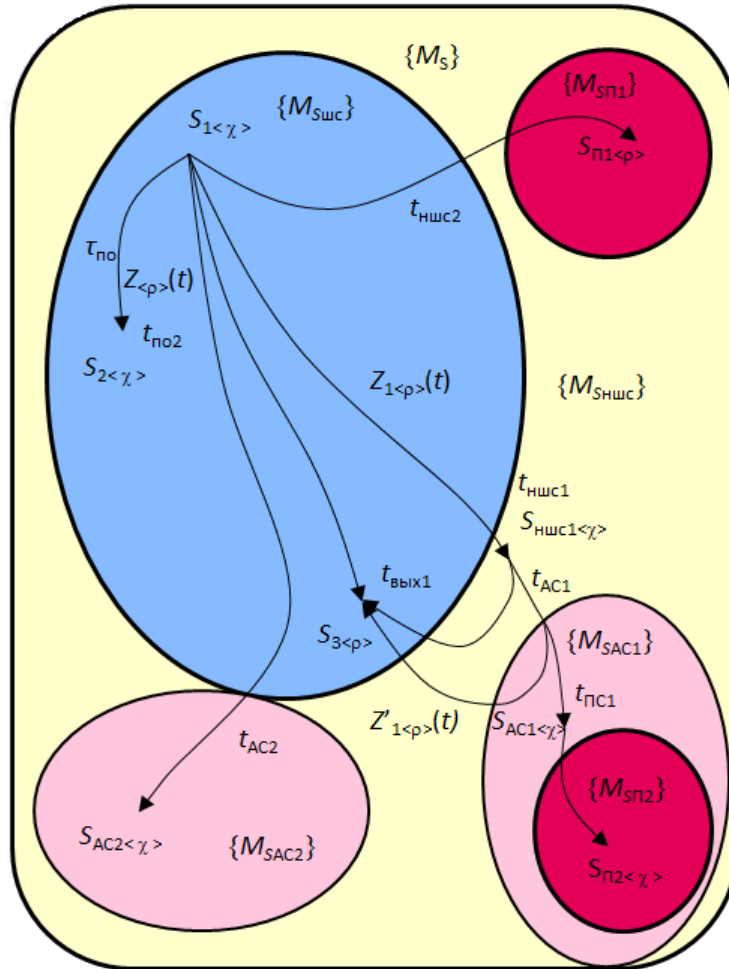


Рис. 2. Пространственно-временная модель состояния орбитального пилотируемого комплекса

Траектория процесса, лежащая в области  $\{M_{Sшс}\}$  нештатных состояний и характеризующаяся отсутствием вероятности попадания в область  $\{M_{SAC}\}$ , относится к категории неопасных ситуаций (усложнение условий полета). Если же траектория процесса, лежащая в области  $\{M_{Sшс}\}$  нештатных состояний системы, характеризуется наличием вероятности попадания в область  $\{M_{SAC}\}$ , то она относится к категории опасных ситуаций. В тех случаях, когда траектория процесса попадает в поглощающую область типа  $\{M_{Sшсi}\}$ , лежащую внутри области  $\{M_{SAC}\}$  аварийных ситуаций, то она категоризируется как катастрофическая ситуация. На рис. 3 представлено множество состояний ОПК [3].

$S_1$	$S_2$	...	$S_n$
$S_{n+1}$	$S_{n+2}$	...	$S_m$
$S_{m+1}$	$S_{m+2}$	...	$S_l$
$S_{l+1}$	$S_{l+2}$	...	$S_f$

Обозначим:

$$\{M_{S_{штс}}\} = \{S_1, S_2, \dots, S_n\},$$

$$\{M_{S_{штс}}\} = \{S_{n+1}, S_{n+2}, \dots, S_m\},$$

$$\{M_{S_{AC}}\} = \{S_{m+1}, S_{m+2}, \dots, S_l\},$$

$$\{M_{S_{П}}\} = \{S_{l+1}, S_{l+2}, \dots, S_f\}.$$

Рис. 3. Множество состояний ОПК

Если представить, что переходы системы от состояния  $S_i$  к состоянию  $S_j$  описываются марковской цепью, то ПВМ можно представить в виде матриц вероятностей перехода (МВП) [3]:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{1,1} & q_{1,2} & \dots & q_{1,n} \\ q_{2,1} & q_{2,2} & \dots & q_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n,1} & q_{n,2} & \dots & q_{n,n} \end{bmatrix},$$

$$A = \begin{bmatrix} q_{n+1,1} & q_{n+1,2} & \dots & q_{n+1,n} \\ q_{n+2,1} & q_{n+2,2} & \dots & q_{n+2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m,1} & q_{m,2} & \dots & q_{m,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{l,1} & q_{l,2} & \dots & q_{l,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{f,1} & q_{f,2} & \dots & q_{f,n} \end{bmatrix},$$

где:  $Q$  – МВП ( $n \times n$ ) системы внутри штатных состояний;

$A$  – МВП ( $f \times n$ ) системы из допустимых состояний в недопустимые;

$q_{i,j}$  – вероятность перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$ .

Использование МВП для анализа действий экипажа в процессе подготовки для всех возможных состояний затруднительно ввиду сложности задач (экипажем выполняются тысячи полетных операций, полностью которые невозможно отработать в процессе подготовки).

В общем виде модель переходов ОПК из состояния в состояние представлена на рис. 4 [3]. Задачей экипажа в процессе тренировок на тренажерах является поддержание станции в штатном состоянии  $S_{штс}$ . Тогда показателем тренированности экипажа будет распределение вектора предельных вероятностей  $\pi$  нахождения системы в допустимых состояниях [4]. Чем выше вероятность  $\pi_i$  нахождения

системы в штатном состоянии, тем выше показатель тренированности экипажа не только по выдерживанию системы в штатном состоянии, но и по управлению ее при переходе из состояний  $S_{\text{штс}}$ ,  $S_{\text{ас}}$  в  $S_{\text{штс}}$ .

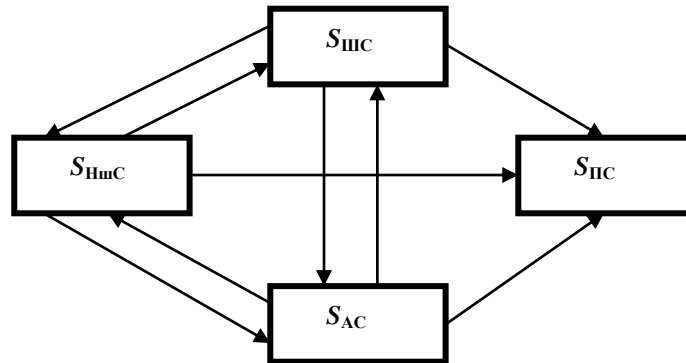


Рис. 4. Модель переходов ОПК

Вывод: Предложенная в статье ПВМ состояния орбитального пилотируемого комплекса может рассматриваться в качестве концептуальной модели предметной области процессов подготовки экипажей ОПК на комплексных тренажерах. С использованием предложенного математического аппарата могут создаваться различные автоматизированные обучающие системы подготовки космонавтов на тренажерах на основе современных информационных технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Харламов М.М., Курицын А.А., Темеров А.В. Особенности проведения и контроля подготовки экипажей МКС из шести человек // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – № 2(4). – С. 36.
- [2] Ярополов В.И. Учебное пособие по курсу «Подготовка космонавтов к действиям в нештатных ситуациях». – Звездный городок Московской области: РГНИИЦПК им. Ю.А. Гагарина, 1999. – 104 с.
- [3] Курицын А.А. Методы и средства автоматизированного управления технологическим процессом комплексной подготовки экипажей орбитальных пилотируемых комплексов / Монография. – Звездный городок Московской области: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2011. – 279 с.
- [4] Черноскутов А.И., Жиров А.Ю. Оценка тренированности летчика с помощью матриц вероятностей перехода / Тем. науч. сб. № 2. – Монино, ВВА им. Ю.А. Гагарина, 2003.

УДК 629.78.06

## СКУТЕР ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОСМОНАВТОВ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Ю.А. Бауров, Ф. Менегуццо

Ю.А. Бауров (ЗАО НИИ космической физики, г. Королёв; Фирма HOTWATER, Сан Миниато, Италия)

Ф. Менегуццо (Институт биометеорологии Национальной академии наук, Флоренция, Италия)

Представлены результаты физических экспериментов по обоснованию создания космического скутера (КС) для перемещения космонавтов в космическом пространстве. Кратко изложен новый физический принцип перемещения объектов в физическом пространстве, основанный на новой некалибровочной силе природы и использовании физического пространства (темной материи) в виде опорной среды. Показаны основы конструкции КС. Дано обоснование проведения космического эксперимента на борту Международной космической станции.

**Ключевые слова:** космический скутер, космическое пространство, физическое пространство (темная материя), космический эксперимент.

### **A Space Scooter. Yu.A. Baurov, F. Meneguzzo**

The paper presents the results of physical experiments intended for substantiating the creation of a scooter for cosmonauts to move in space and proposes the new physical principle of the movement of objects in physical space, based on the new non-gauge natural force and on the use of physical space (dark matter) as a support media. Also, it presents the structural framework of a scooter and the reasons to conduct an experiment on the board of the International Space Station.

**Keywords:** a space scooter, outer space, physical space (dark matter), space experiment.

## 1. Введение

В течение многих лет в ЦНИИмаше проводились работы по исследованию нового источника энергии, связанного с открывшейся возможностью в рамках теории буюна [1–4] (некалибровочная теория формирования физического пространства и мира элементарных частиц из ненаблюдаемых объектов буюнов) влиять на процесс формирования масс элементарных частиц с помощью потенциалов физических полей, поскольку часть массы частиц в рамках теории [1–4] пропорциональна модулю некоторого суммарного потенциала  $A_{\Sigma}$ , который по модулю не может быть больше модуля космологического векторного потенциала  $A_r$  – новой фундаментальной константы, введенной в [1–4]. В результате описанного влияния потенциалов (уменьшения модуля  $A_{\Sigma}$ ) возникает новая сила природы, выбрасывающая любое вещество из области ослабленного модуля  $A_{\Sigma}$ .

С помощью новой силы можно черпать энергию из процесса образования масс элементарных частиц (см. знаменитую формулу А. Эйнштейна  $E = mc^2$ ).

Таким образом, открывается практически бесконечный источник экологически чистой энергии, который может быть использован, например, для обеспечения бытовых нужд – теплоснабжения зданий и т.д. и для решения многих задач космической отрасли, так как позволяет создать двигатель нового типа, использующий новую силу природы в виде тяги.

Для проверки данного положения и новой силы природы был проведен большой комплекс экспериментальных исследований на лучших экспериментальных базах СССР и России. Первые исследования были проведены на экспериментальных установках РНЦ «Курчатовский институт» и ИОФРАН с помощью крутильных весов, расположенных в сильноточных магнитах. При массе тела около 30 г была зафиксирована сила на уровне (0,07–0,08) г. Данные работы были представлены для публикации в докладах Академии наук Нобелевским лауреатом акад. А.М. Прохоровым [5, 6]. Далее исследования новой силы природы проходили с использованием гравиметров “Sodin” канадского производства на экспериментальной базе ГАИШ МГУ им. М.В. Ломоносова [1–4, 7]; с использованием экспериментальных баз ОИЯИ г. Дубна и ИЯИ РАН г. Троицк (исследование изменений скорости распадов радиоактивных элементов [1–4, 8–10]); плазменных устройств на экспериментальных базах МГУ им. М. В. Ломоносова и ЦНИИмаша [1–4, 11, 12], а также экспериментальных базах других институтов России.

Существование новой силы природы достаточно твердо установлено и подтверждено множеством астрофизических наблюдений (движением пульсаров [13, 14], движением Солнца [1, 2] (Солнце представляет собой некоторый природный космический объект, несущий нас под действием новой силы природы к созвездию Геркулеса), вскрыта природа темной энергии, расталкивающей скопления галактик [15] и т.д.).

Об открытии новой силы природы официально объявлено на конференции в Италии (Сицилия, Сан Флавия, сентябрь 2013 г.) итальянскими физиками, занимающимися солнечной энергией и новыми источниками энергии.

В данной статье мы рассмотрим результаты некоторых основополагающих физических экспериментов, позволяющих утверждать, что на основе новой силы природы можно создать космический скутер для перемещения космонавтов в космическом пространстве.

## 2. Новый принцип движения в космическом пространстве

В [1–4] впервые описан новый принцип перемещения космических аппаратов (КА) в космическом пространстве, основанный на использовании физического пространства (темной материи) в качестве опорной среды. Т.е. КА не будут использовать топливо и реактивный принцип движения для своего перемещения, а будут применять принцип перемещения автомобиля, который отталкивается от Земли за счет силы трения. Таким образом, КА будут обмениваться импульсом с физическим пространством, отталкиваясь от него, используя новую силу природы.

В [1–4] показано, что любое тело за счет воздействия потенциалов физических полей элементарных частиц уменьшает величину модуля  $A_{\Sigma}$  в месте своего расположения в физическом пространстве. Данное объемное изменение  $A_{\Sigma}$  называется информационным образом (ИО) объекта и характерно только для данного тела, так как кодируется коэффициентами  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ), входящими в сложный ряд по изменению  $A_{\Sigma}$  за счет потенциалов полей данного тела. Поскольку в месте расположения ИО величина  $A_{\Sigma}$  уменьшена, то, если тело в процессе своего движения вернется к своему ИО, данное место физического пространства будет отталкивать его за счет действия новой силы природы. Последнее можно использовать для получения тяги КА.

### 3. Результаты экспериментов по обоснованию использования новой силы природы в виде тяги в космическом пространстве

Для того, чтобы использовать описанный выше принцип движения КА, необходимо знать время существования в физическом пространстве ИО. В экспериментальной работе [16] с использованием маятника было показано, что ИО может существовать в физическом пространстве на уровне десятых долей секунды после ухода маятника из места его расположения. В работах [16, 17] определено, что если тело находится в месте своей остановки менее 0,05 с, то ИО по крайней мере очень слаб и при своем возвращении в данное место тело его практически не воспринимает. Эксперименты [17] показали, что важнейшим параметром для получения значительной величины новой силы является время возврата тела в место нахождения его ИО. Если это время быстро сокращается, то сила растет практически по экспоненте.

На рис. 1 показаны результаты исследования новой силы с помощью тензометрических весов [16] с вертикальной осью вращения. Использовался латунный груз массой 718 г, который приводился во вращение шаговым двигателем. Время остановки тела равнялось 0,1 с. Время оборота равнялось 0,6 с. Радиус вращения был на уровне 10 см. Из рисунка видно, что сила возникает при прохождении последних 30 градусов своей траектории до ИО. Эта зона обведена кружком на рисунке. В самой зоне величина силы достигает 300 г. Но средняя величина силы за оборот была равна около 10 г.

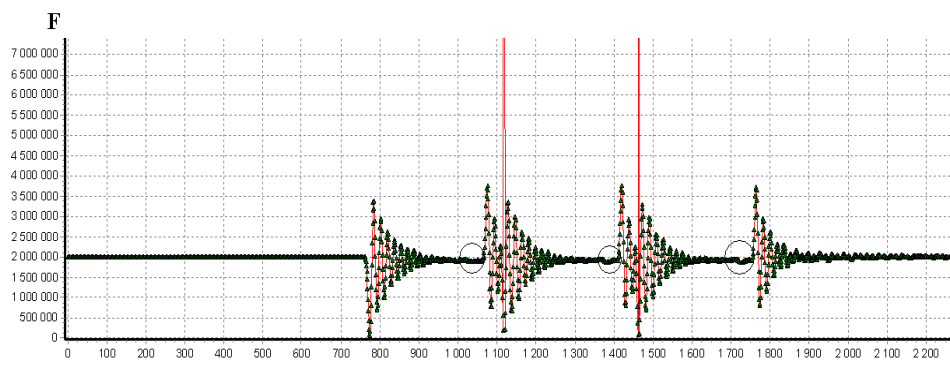


Рис. 1. Представлены результаты измерения взаимодействия тела в процессе своего вращения вокруг вертикальной оси на расстоянии 10 см со своим ИО.

По оси ординат отложена величина силы, замеренная тензометрическим датчиком в условных единицах (30 000 делений соответствуют 100 г силы).

По оси абсцисс – время в условных единицах. Масса тела равна 718 г.

Период вращения 0,6 с.

Время остановки 0,1 с. Кружком отмечена зона появления новой силы

На рис. 2 показаны результаты некоторых экспериментов, проведенных с 27.01 по 01.02 в 2013 году в Италии для груза с массой 526 г. Груз вращался с помощью сервомотора, который мог обеспечить период вращения, равный 0,115 с при радиусе вращения 8 см. Время остановки было равно 0,12 с. Как видно, в разное время суток и разные сутки величина новой силы может отличаться. Макси-

мальная величина силы составила 50 г и была зафиксирована 27 января в 17 ч 15 мин. Непрерывный эксперимент, проводимый с января по декабрь 2013 года, подтвердил анизотропные свойства физического пространства, связанные с вектором  $A_r$ . С 6 февраля по 6 августа 2013 года величина новой силы была ослаблена примерно в 5 и более раз, чем в другой половине года. Удельные характеристики новой тяги составили 4  $Bm/g$ , что примерно в 40 раз лучше, чем у лучших электрореактивных двигателей [18, 19].

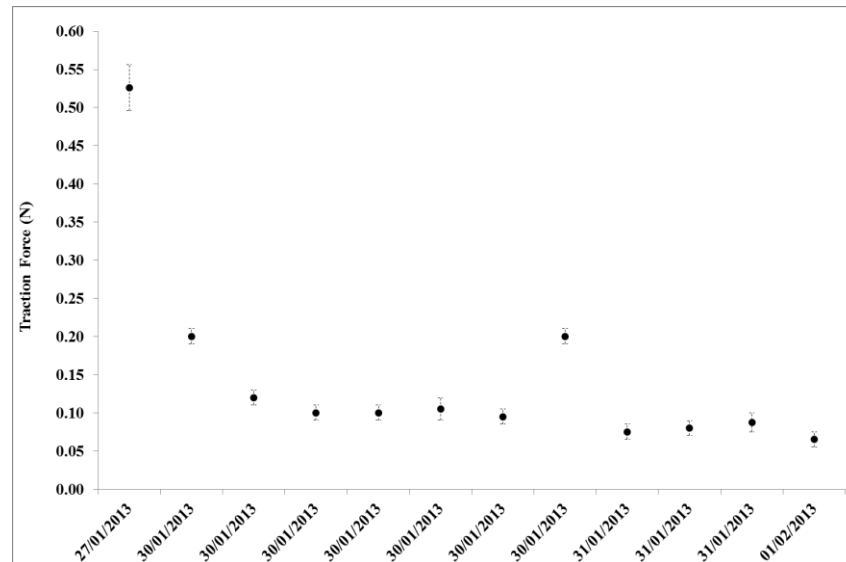


Рис. 2. Показаны результаты некоторых экспериментов, проведенных с 27.01 по 01.02 в 2013 г. со стандартным указанием ошибки эксперимента для груза с массой 526 г

#### 4. Конструкция КС

Используя новую силу в виде тяги КС, можно создать индивидуальное средство для перемещения космонавтов в космическом пространстве, которое может быть использовано им для различных нужд, в частности, для создания космических кораблей и различных конструкций в космосе.

На рис. 3 показан общий вид КС. Масса КС при тяге, равной около 100–500 г, составит около 100–120 кг. На рис. 4 схематически показан тяговый элемент КС. Поскольку, как сказано выше, сила тяги быстро растет с уменьшением периода вращения, то предполагается использовать в качестве электродвигателя сервомоторы, имеющие возможность обеспечить быстрое вращение и остановку груза на нужное время. Для обеспечения невращения корпуса КС на борту КС будут установлены два сервомотора с моментами вращения, направленными на встречу друг другу [20]. КС может функционировать как с питанием обеспеченным, используя провода, так и в автономном режиме, используя аккумуляторы, которые, в частности, используются для точных измерений на стенде в Италии.



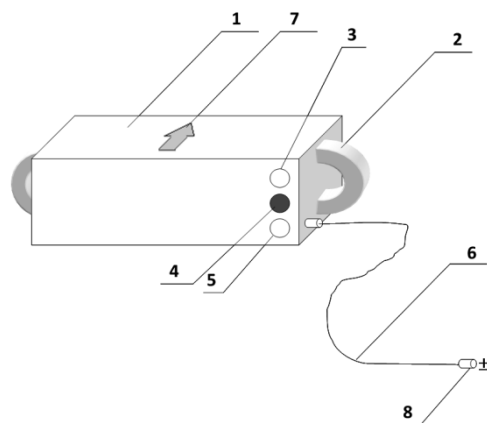


Рис. 3. Общий вид космического скутера  
(1 – корпус; 2 – ручки; 3 – кнопка для движения вперед; 4 – кнопка «стоп»;  
5 – кнопка для движения назад; 6 – кабель; 7 – направление движения вперед;  
8 – место включения питания)

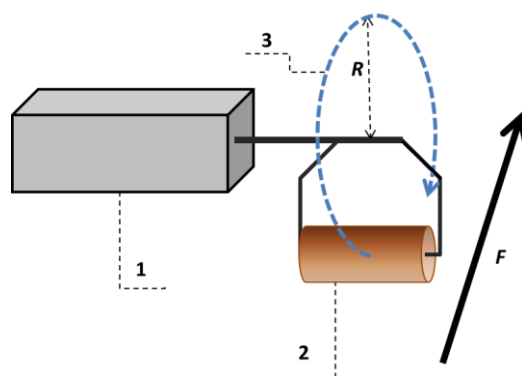


Рис. 4. Силовой элемент скутера  
Показана схема одного из двух тяговых элементов КС (рис. 3)  
(1 – шаговый двигатель (или сервомотор); 2 – вращающийся груз;  
3 – траектория вращения;  $R$  – радиус вращения;  
 $F$  – направление действия новой силы при остановке груза в нижнем положении)

## 5. Космический эксперимент с КС на борту МКС

Для окончательной проверки работоспособности КС в космосе предлагается проведение космического эксперимента на борту МКС с тягой на уровне 100 г, используя специальные тензометрические весы, изготовленные для данного эксперимента.

После проведения замеров тяги на борту МКС данная модель может быть использована для поддержания МКС на орбите без доставки топлива для этой цели с Земли. Известно, что 1 кг на борту МКС обходится нам, землянам, в 5000 долларов США. Стоимость одного грузовика, созданного ЕКА, равна

304 млн долларов США. Поэтому экономический эффект при проведении данного эксперимента составит сотни млн долларов США. Поскольку время действия тяги определяется временем поступления электроэнергии для вращения грузов, то импульс такого двигателя за половину года работы будет на уровне  $1,5 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{с}$ , что вполне достаточно для проведения указанного маневра.

### Заключение

Космический скутер, предложенный в данной статье, представляет собой новую концепцию двигателей, которые используют новую силу природы для обмена импульсом между двигателем и физическим пространством – квантовой средой, которая может трактоваться как темная материя, широко обсуждаемая в астрофизике. Существование новой силы природы подтверждено большим количеством экспериментов и наблюдений, проведенных разными группами ученых, и не вызывает сомнений. Новый двигатель не использует какое-либо обычное топливо или расходное рабочее тело. Он использует только электроэнергию для реализации получения нового типа энергии, поступающей из процесса образования масс элементарных частиц. В настоящее время удельная эффективность двигателя находится на уровне  $4 \text{ Вм/г}$ , что примерно в 40 раз эффективней, чем у лучших электрореактивных двигателей.

Предложенный КС после проведения его испытаний на борту МКС переведет развитие всей космонавтики на новую ступень развития. Принципы, реализованные в конструкции КС, позволят сократить время осуществления всех мыслимых проектов в космосе в несколько раз, а их себестоимость в десятки раз. В настоящее время основные требования для создания КС запатентованы [20] и отсутствуют какие-либо экспериментальные указания, способствующие нереализации конструкции КС.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бауров Ю.А. Структура физического пространства и новый способ получения энергии (теория, эксперимент, прикладные вопросы). – М.: «Кречет», 1998. – 240 с.
- [2] Baurov Yu.A. On the Structure of Physical Vacuum and a New Interaction in Nature (Theory, Experiment and Applications), Nova Science, NY, 2000.
- [3] Baurov Yu.A., Global Anisotropy of Physical Space. Experimental and Theoretical Basis. Nova Science, NY, 2004.
- [4] Бауров Ю.А. Бюон – шаг в будущее. – М.: МАГИСТР-ПРЕСС, 2007.
- [5] Бауров Ю.А., Клименко Е.Ю., Новиков С.И. // ДАН – (1990). – Т. 315. – № 5. – С. 1116.
- [6] Бауров Ю.А., Рябов П.М. // ДАН – (1992). – Т. 326. – № 1. – С. 73.
- [7] Baurov Yu.A., Koraev A.V, HadronicJournal (2002), v. 25, p. 697.
- [8] Бауров Ю.А., Шутов В.Л. // Прикладная физика. – 1995. – № 1. – С. 40.
- [9] Baurov Yu.A., Konradov A.A., Kuznetsov E.A., Kushniruk V.F., Ryabov Y.B., Senkevich A.P., Sobolev Yu.G., Zadorozsny S. // Mod. Phys.LettA. 2001, v. 16, N 32, p. 2089.
- [10] Бауров Ю.А., Соболев Ю.Г., Рябов Ю.В., Кушнирук В.Ф. // Ядерная физика. – 2007. – Т. 70. – № 11. – С. 1875.
- [11] Бауров Ю.А., Тимофеев И.Б., Черников В.А., Чалкин С.Ф. // Прикладная физика. – 2003. – № 4. – С. 48.
- [12] Baurov Yu.A., Timofeev I.B., Chernikov V.A., Chalkin S.F., Konradov A.A. // Phys. Lett. A, 2003, v.311, p. 512.
- [13] Baurov Yu.A., Shpitalnaya A.A., Malov I.F. // Intl. J. Pure and Appl. Phys. 2005, v. 1, № 1, p. 71.
- [14] Бауров Ю.А., Малов И.Ф. // Астрономический журнал. – 2007. – Т. 84. – № 10. – С. 920.

- [15] Baurov Yu.A., Malov I.F. On the Nature of Dark Matter and Dark Energy, ArXiv: 0710.3018v1 [physics. gen.-ph], 16 Oct. 2007.
- [16] Y.A. Baurov, A.Y. Baurov, A.Y. Baurov Jr., F. Meneguzzo, A.A. Bugaev, *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.* 13(1), 40–49 (2012).  
[http://ijopaasat.in/yahoo\\_site\\_admin/assets/docs/6\\_IJPAST-445-V13N1.323125610.pdf](http://ijopaasat.in/yahoo_site_admin/assets/docs/6_IJPAST-445-V13N1.323125610.pdf)
- [17] Y.A. Baurov, L. Albanese, F. Meneguzzo, V.A. Menshikov, Universal Propulsion Harnessing the Global Anisotropy of the Physical Space, *Am. J. Mod. Phys.* 2 (2013) 383–391.
- [18] L. Garrigues, P. Coche, Electric Propulsion: Comparisons Between Different Concepts, *Plasma Phys. Control. Fusion.* 53 (2011) 124011.
- [19] M. Dudeck, F. Doveil, N. Arcis, S. Zurbach Plasma Propulsion for Geostationary Satellites for Telecommunication and Interplanetary Missions, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 29 (2012) 012010.
- [20] Бауров Ю.А., Бауров А.Ю. Способ перемещения объекта в космическом пространстве, Патент № 2338669 от 20 ноября 2008 г. с приоритетом от 25 ноября 2007 г.

УДК 629.78.007:004.946

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ВИЗУАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ МОНИТОРИНГА  
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТРЕНАЖЕРЕ  
СЛУЖЕБНОГО МОДУЛЯ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

А.И. Митин, В.И. Брагин

Канд. техн. наук А.И. Митин; В.И. Брагин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены практические пути решения проблемных вопросов моделирования визуальных условий мониторинга земной поверхности на тренажере служебного модуля российского сегмента Международной космической станции (СМ РС МКС). Показаны основные проблемы и направления работ по модернизации системы имитации внешней визуальной обстановки (СИВО) тренажера СМ РС МКС. Рассмотрены принципы построения канала имитации инструментального средства наблюдения Земли для технических средств подготовки космонавтов (ТСПК) к решению задач визуально-инструментальных наблюдений (ВИН) земной поверхности, базирующиеся на использовании технологий виртуальной реальности.

**Ключевые слова:** визуально-инструментальные наблюдения, технические средства подготовки космонавтов, система имитации внешней визуальной обстановки, компьютерная генерация изображений, модернизация СИВО тренажера СМ РС МКС, имитатор инструментального средства наблюдения, технологии виртуальной реальности.

**Ways of Improving the Adequacy of Modeling Visual Conditions of the Earth Surface Monitoring on the Service Module Simulator of the ISS RS.**  
A.I. Mitin, V.I. Bragin

The paper considers practical ways to tackle issues of modeling visual conditions of the Earth surface monitoring on the Service Module simulator of the ISS Russian Segment. It shows the basic problems and ways of developing the external visual environment simulation system (VESS) of the SM simulator. Also, the paper presents the construction principles of the channel of simulation of an observation tool to train cosmonauts for visual-instrumental observations of the Earth's surface on the basis of virtual reality technologies.

**Keywords:** visual-instrumental observations, technical facilities for cosmonaut training, external visual environment simulation system, image computer generation, development of the VESS for the SM simulator of the ISS RS, observation tool simulator, virtual reality technologies.

## **Введение**

Одной из важных полетных задач при выполнении программ космических полетов является выполнение экипажами Международной космической станции космических экспериментов, связанных с визуально-инструментальными наблюдениями земной поверхности. Согласно долгосрочной программе научно-прикладных исследований и космических экспериментов (КЭ), проводимых на российском сегменте МКС [3], к одному из направлений программы следует отнести КЭ в области геофизики, околоземного космического пространства и дис-

танционного зондирования Земли. Значительный объем этих экспериментов выполняется космонавтами методом визуально-инструментальных наблюдений земной поверхности.

К числу таких экспериментов по направлению «Геофизические исследования» относятся эксперименты с шифрами «Ураган» и «Релаксация». К числу экспериментов по направлению «Дистанционное зондирование Земли» относятся «Экон», «Сейнер» и «Русалка». Основными задачами этих экспериментов являются:

- проведение визуальных наблюдений и регистрация процессов развития катастрофических явлений с помощью видео- и фотоаппаратуры;
- набор статистических данных (с помощью фотосъемки) для контроля экологической обстановки в местах дислокации выбранных объектов на территории Российской Федерации и зарубежных государств;
- отработка технических средств и методов наблюдения поверхности Земли с борта РС МКС в условиях реальных ограничений (по освещенности объекта наблюдения, наличия облачности и т.д.).

Исходя из целевой направленности указанных КЭ, объектами исследований экипажами МКС являются поверхность Земли, Мировой океан и околоземное пространство. Выполнение задач мониторинга Земли космонавтами осуществляется через иллюминаторы как невооруженным глазом, так и с помощью аппаратуры для дистанционного зондирования земной поверхности, которая включает в себя фото- и видеоаппаратуру и спектрометрическую аппаратуру. К этой аппаратуре относятся приборы с изменяемой кратностью увеличения и с постоянным полем зрения.

Как показывает опыт подготовки космонавтов к решению задач ВИН, программа подготовки предусматривает проведение как теоретических занятий, ориентированных на изучение методических основ ВИН из космоса, так и практической отработки действий по использованию бортовых инструментальных средств наблюдения и регистрации [2]. Основную роль в процессе подготовки космонавтов к выполнению задач мониторинга Земли выполняют технические средства подготовки, к числу которых относятся специализированный тренажер ВИН и тренажер служебного модуля (СМ) РС МКС.

В структуре деятельности космонавта при решении задач ВИН Земли в особой мере выделяется визуальная составляющая, основанная на выполнении операций зрительного поиска, обнаружения и идентификации исследуемых объектов [4]. Поэтому обучающие возможности технических средств подготовки космонавтов к решению задач ВИН в максимальной мере зависят от адекватности моделирования в бортовых средствах наблюдения СМ РС МКС изображения земной поверхности.

Визуально-инструментальные наблюдения из космоса характеризуются рядом особенностей, которые обуславливают особые требования к методическому и техническому обеспечению наземной подготовки космонавтов к данному виду деятельности. К основным из них следует отнести:

- глобальный характер обзора поверхности Земли из космоса, что предъявляет особые требования к объему графической информации о земной поверхности и акватории Мирового океана, содержащейся в визуальной модели (ВМ) Земли;
- многообразие объектов и решаемых задач ВИН. Учет данного фактора для достижения практических целей подготовки космонавтов к данному виду деятельности требует наличия в визуальной модели Земли детальной графической

информации, объем которой составляет несколько сотен наименований типовых объектов земной поверхности (объектов детального наблюдения);

- разнообразие алфавита информационных (дешифровочных) признаков объектов ВИН, необходимых для их обнаружения и распознавания (форма, размеры, детали, цвет, тени, структура поверхности и др.);

- большую зависимость адекватности зрительных процессов обнаружения и распознавания объектов на тренажере от полноты воспроизведения демаскирующих признаков объектов ВИН и разрешающей способности моделируемого изображения внешней ВО;

- выполнение сеансов ВИН Земли в иллюминаторах как невооруженным глазом, так и с использованием инструментальных средств наблюдения и регистрации с изменяемой кратностью увеличения.

Подготовка космонавтов к выполнению задач ВИН Земли предъявляет высокий уровень требований к обучающим возможностям ТСПК в связи с широким спектром профессиональных навыков, которые должны отрабатываться в процессе подготовки космонавтов к выполнению сеансов ВИН на борту МКС. К основным задачам подготовки космонавтов к данному виду деятельности следует отнести отработку следующих умений и навыков:

- обнаружение объекта;
- наведение и захват объекта на сопровождение;
- синхронизация движения линии визирования;
- переход на режим детального наблюдения;
- распознавание объекта;
- оценка состояния объектов наблюдения и их регистрации.

Указанные особенности обуславливают значительную сложность практической реализации высокого уровня адекватности визуальных моделей земной поверхности тренажера СМ РС МКС реальным условиям ВИН, а также его обучающих возможностей. С ними связан ряд ограничений моделирования внешней ВО на данном тренажере. В этой связи представляется актуальным проведение анализа проблемных вопросов моделирования на тренажере СМ РС МКС визуальных условий мониторинга земной поверхности и рассмотрение практических путей их решения.

### **1. Анализ ограничений и недостатков моделирования визуальных условий мониторинга Земли на тренажере служебного модуля РС МКС**

В настоящее время для подготовки космонавтов к решению задач ВИН на тренажере служебного модуля РС МКС применяется система визуализации, основанная на компьютерной генерации изображений земной поверхности – система компьютерной генерации изображений (СКГИ) «Альтаир». Эта система представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, включающий в себя как вычислительные средства общего назначения, так и специализированные средства.

Анализ функциональных возможностей этой системы визуализации и практики подготовки космонавтов на тренажере СМ РС МКС свидетельствует о ряде ограничений и недостатков моделирования визуальных условий мониторинга Земли. К основным из них относятся:

– низкий уровень разрешения текстуры<sup>1</sup> земной поверхности, который до недавнего времени составлял 1000 метров/тексел<sup>2</sup>, что в значительной мере не соответствует условиям наблюдения Земли невооруженным глазом с высоты 350–400 км (разрешение текстуры должно быть в диапазоне 120–150 метров/тексел);

– недостаточная полнота состава типовых объектов детального наблюдения, представленных в цифровой визуальной модели (ЦВМ) Земли;

– недостаточная полнота воспроизведения демаскирующих признаков объектов ВИН;

– невозможность отработки космонавтами важных практических навыков, необходимых для успешного выполнения сеансов ВИН с использованием инструментальных средств визуального наблюдения и регистрации (бортовой цифровой фотокамеры);

– несоответствие направлений «бега» местности в каждом из иллюминаторов (илл. № 6, 7, 8, 9) служебного модуля направлению орбитального полета МКС.

Указанные факторы снижают обучающую эффективность тренажера СМ РС МКС при подготовке экипажей к выполнению задач ВИН с борта МКС, что проявляется в сравнительно низком уровне коэффициента использования программно-аппаратных средств СКГИ «Альтаир» в процессе тренировок. Поэтому одним из основных направлений развития системы имитации визуальной обстановки (СИВО) тренажерного комплекса РС МКС является применение новейших программно-аппаратных средств формирования, передачи и воспроизведения изображения земной поверхности в бортовых средствах мониторинга Земли тренажера СМ РС МКС.

## **2. Основные направления работ по модернизации системы имитации внешней визуальной обстановки тренажера СМ РС МКС**

Примечательной тенденцией в развитии технических средств подготовки космонавтов является применение новейших достижений техники и передовых технологий в области систем имитации и моделирования. Этому способствуют стремительные темпы развития в последние годы программно-аппаратных средств машинной графики, увеличение мощности графических станций, появление на рынке высокотехнологичных аппаратных средств формирования, передачи, обработки и воспроизведения информации. Опыт разработки и эксплуатации СИВО космических тренажеров за последние 15 лет показывает, что в среднем модернизация аппаратной части формирователей изображений СКГИ выполняется каждые 4 года.

Поэтому одним из важных направлений работ по модернизации СИВО тренажера СМ РС МКС является применение новейших высокопроизводительных аппаратных средств формирования и отображения визуальной информации в бортовых средствах наблюдения СМ РС МКС. Их использование позволяет существенно повысить функциональные возможности СИВО и адекватность моделей ВО тренажера СМ РС МКС.

---

<sup>1</sup> Текстура – растровое изображение, накладываемое на поверхность полигональной модели для придания ей цвета, окраски или иллюзии рельефа.

<sup>2</sup> Тексел (сокращение от англ. Texture element) – минимальная единица текстуры трехмерного объекта.

Модернизация аппаратных средств формирователей изображений СКГИ «Альтаир» инициировала разработку и применение цифровой визуальной модели Земли с детализацией текстурных карт не хуже 150 метров/тексел, соответствующей разрешающей способности глаза для высоты орбиты МКС 400 км. Единственным ограничением разработанной ЦВМ является возможность формирования изображения Земли пока только для трехсуточных витков МКС.

К важному направлению работ по модернизации СИВО тренажера СМ РС МКС следует отнести разработку и введение в состав аппаратных средств СИВО имитатора инструментального средства наблюдения (ИСН) – цифровой фотокамеры с изменяемой кратностью увеличения, и формирователя изображений для этого канала имитации. Для обеспечения функционирования данного канала имитации необходима разработка и использование цифровой визуальной модели земной поверхности с разрешением текстур не хуже 15–20 метров/тексел.

Другое направление модернизации и доработок СИВО тренажера СМ РС МКС связано с особенностями оптических схем и конструктивного исполнения устройств воспроизведения изображения (УВИ) земной поверхности в иллюминаторах № 6, 7, 8 и 9 тренажера СМ РС МКС. Эти особенности проявляются в том, что в каждом из указанных иллюминаторов направление «бега» местности получается различным и несоответствующим направлению орбитального полета МКС, а в иллюминаторе № 9 изображение Земли воспроизводится с зеркальным эффектом. Данное обстоятельство недопустимо при подготовке космонавтов и требует принятия мер по его устранению. Наиболее очевидный вариант решения указанной проблемы заключается в конструктивных доработках УВИ, связанных с изменением оптических схем коллимации изображения, а также замене электронно-лучевых компьютерных мониторов на жидкокристаллические (ЖК). Замена мониторов значительно уменьшит габариты УВИ иллюминаторов № 6, № 7 и № 8 и позволит «правильно» разместить их перед иллюминаторами.

Наиболее сложной для реализации в системе визуализации тренажера СМ РС МКС является задача разработки имитатора инструментального средства наблюдения с изменяемой кратностью увеличения – имитатора цифровой фотокамеры. Поэтому представляется целесообразным рассмотреть принципы построения такого имитатора, базирующиеся на применении технологий систем виртуальной реальности.

### **3. Принципы построения канала имитации инструментального средства наблюдения Земли**

Одним из актуальных направлений работ по модернизации существующего тренажера СМ РС МКС и созданию новых ТСПК для задач ВИН является разработка программно-аппаратных средств канала имитации ИСН (цифровой фотокамеры с изменяемой кратностью увеличения) и его интеграция в систему компьютерной генерации изображений ТСПК. Сложность решения данной задачи не позволяла до настоящего времени производить отработку космонавтами важных практических навыков, необходимых для успешного выполнения сеансов ВИН с использованием аппаратуры оптических наблюдений и фотосъемки земной поверхности с борта МКС. Эти трудности моделирования обусловлены рядом факторов. К их числу следует отнести:



- произвольное изменение пространственной ориентации оптической оси объектива фотокамеры в плоскости иллюминатора в процессе наведения и захвата объекта на сопровождение, а также синхронизации движения линии визирования;
- значительные пределы изменения оператором кратности увеличения изображения при переходе на режим детального наблюдения и фотосъемки объекта;
- необходимость воспроизведения моделируемого изображения в поле зрения оптического видоискателя и на экране ЖК монитора фотокамеры.

Практическое решение этой сложной технической задачи становится возможным на основе применения современных технологий виртуальной реальности (VR), которые по существу являются базой для построения новых поколений мультимодальных человеко-компьютерных интерфейсов.

Для преодоления указанных трудностей необходима разработка физического макета фотокамеры или ее имитатора (тренажерного варианта), оснащенного системой датчиков, формирующих команды управления для компьютерного генератора изображений Земли ТСПК. К их числу в первую очередь следует отнести:

- датчики текущего положения оптической оси объектива имитируемой фотокамеры;
- датчик текущего значения угла поля зрения объектива имитируемой фотокамеры;
- датчик спуска затвора при съемке объекта.

Другой проблемой разработки имитатора фотокамеры является практическое решение задачи имитации изображения в оптическом видоискателе фотокамеры.

Из вышеизложенного можно выделить две основные группы проблем, которые необходимо решить при создании имитатора ИСН:

- 1) разработка системы формирования управляющих сигналов для СКГИ, несущих информацию о пространственном положении оптической оси имитируемой фотокамеры;
- 2) разработка способа представления визуальной информации в поле зрения видоискателя имитируемой фотокамеры.

Важным вопросом при разработке имитатора ИСН является выбор принципов построения системы слежения за пространственным положением оптической оси имитируемой фотокамеры относительно иллюминатора. В основу построения этой системы положена технология трекинга (позиционирования), обеспечивающая взаимодействие человека с виртуальным миром.

Системы трекинга современных систем VR представляют собой комбинацию аппаратного и программного обеспечения. Необходимость в системах трекинга в разных сферах деятельности с различными требованиями к ним обусловила создание множества реализаций таких систем, построенных с помощью различных технологий [5]. Физические принципы и технологии, положенные в основу реализации конкретной системы трекинга, позволяют выделить несколько типов таких систем:

- акустические (ультразвуковые);
- оптические;
- инерционные;
- электромагнитные;
- механические.

Из всех параметров, которыми обладают системы трекинга, можно выделить следующие [5]:

- количество отслеживаемых степеней свободы;
- точность определения положения;
- точность определения угловой ориентации;
- время распознавания (время задержки);
- частота обновления.

Исходя из ограничений, которые накладывает та или иная технология, при реализации системы трекинга можно прогнозировать ее параметры, достоинства и недостатки.

Система трекинга имитатора ИСН должна определять в реальном времени линейные и угловые координаты имитатора бортовой фотокамеры относительно иллюминатора и формировать с помощью управляющей ЭВМ СКГИ команды управления визуальной моделью Земли формирователя изображений канала имитации ИСН.

Детальный анализ проблем разработки имитатора инструментального средства наблюдения земной поверхности, проведенный в работе [6], показал, что наиболее рациональным и доступным техническим решением при его создании следует считать применение системы ультразвукового трекинга, дополненного инерционными датчиками. Рассматриваемый вариант решения задачи использует технологию построения системы позиционирования WideGlance отечественной компании «RUCAP» (г. Зеленоград). Эта система привлекает к себе внимание высокой точностью и четкостью отслеживания движений, простотой эксплуатации и сравнительно низкой стоимостью оборудования [9].

Другой важной технической задачей разработки имитатора цифровой фотокамеры является выбор способа представления визуальной информации в поле зрения видеоскателья имитируемой фотокамеры. Исследования показали, что наиболее предпочтительным вариантом решения этой задачи является использование в качестве УВИ микродисплеев. К их числу относятся OLED – микродисплеи на органических светоизлучающих диодах, одним из производителей которых является американская фирма eMagin. Другой тип микродисплеев разработан на основе технологии LcoS (Liquid Crystal on Silicon – жидкий кристалл на кремнии) – технологии ЖК-микродисплеев отражательного типа, использующей активную кремниевую подложку (backplane), на которой сформирована схема управления дисплеем [7, 8].

Использование микродисплеев в качестве устройства воспроизведения изображений в оптическом видеоскателье фотокамеры позволяет уменьшить габариты и вес имитатора ИСН.

В заключение рассмотрим функциональную схему системы имитации внешней визуальной обстановки в бортовых средствах наблюдения земной поверхности ТСПК ВИН, содержащую канал имитации цифровой фотокамеры. Эта схема представлена на рис. 1 и разработана для решения задач модернизации программно-аппаратных средств СИВО тренажера СМ РС МКС. Предлагаемое техническое решение защищено патентом на полезную модель [1] и может быть также использовано при разработке и создании других перспективных ТСПК для ВИН.

Как следует из представленной схемы, система визуализации ТСПК для ВИН реализуется на аппаратно-программной платформе, в состав которой входит интегрированная совокупность следующих средств:

- система компьютерной генерации изображений (СКГИ);
- устройства воспроизведения изображений (УВИ) в иллюминаторах РМО;
- имитатор инструментального средства наблюдения и регистрации;
- система трекинга.

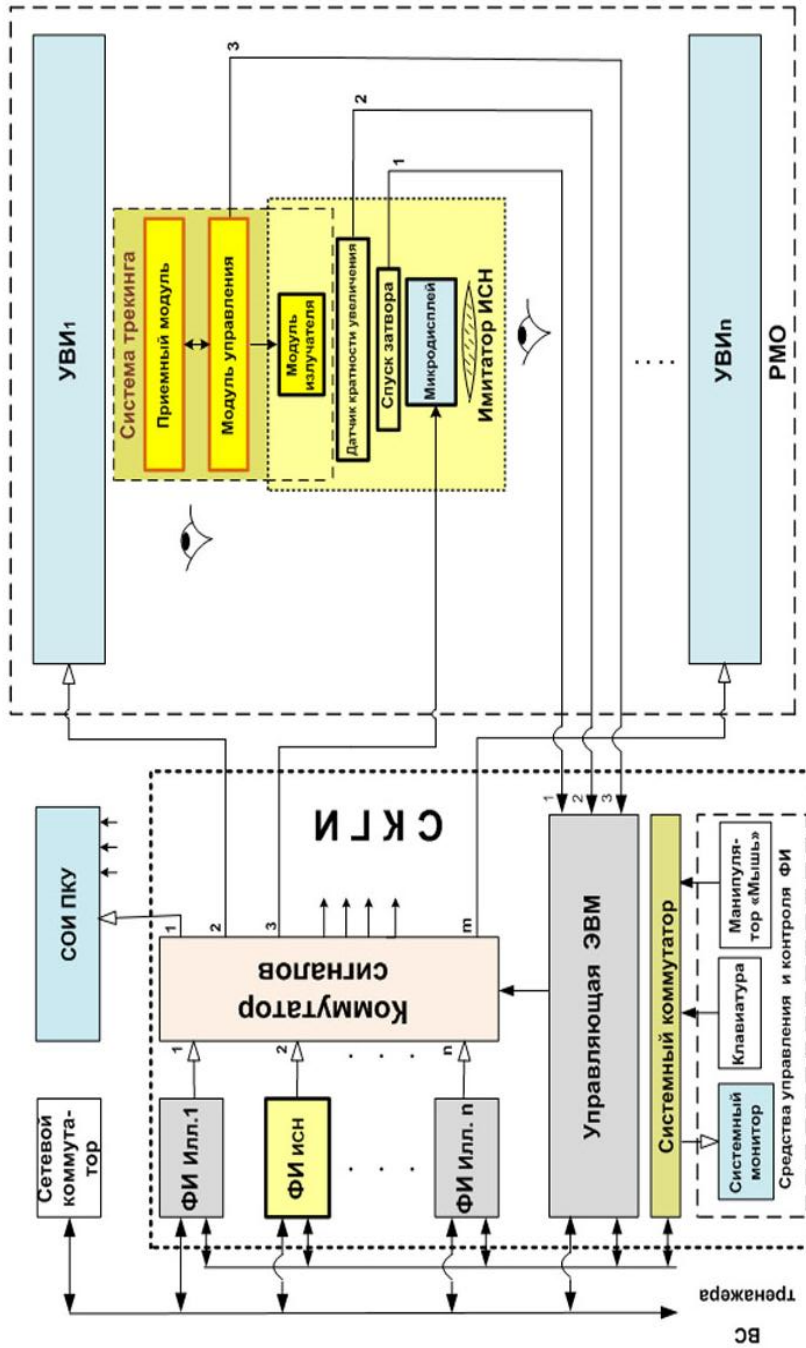


Рис. 1. Функциональная схема системы имитации внешней визуальной обстановки в бортовых средствах наблюдения земной поверхности космического тренажера

Новыми элементами системы визуализации тренажера согласно данной схеме являются формирователь изображений канала имитации инструментального средства наблюдения ( $FI_{ИСН}$ ) и имитатор бортовой фотокамеры с системой трекинга.

Формирователь изображений  $FI_{ИСН}$  должен обеспечивать формирование изображения поверхности Земли, соответствующего условиям его наблюдения с помощью бортового цифрового фотоаппарата с изменяемой кратностью увеличения объектива фотокамеры. Выход  $FI_{ИСН}$  соединен с одним из входов устройства коммутации видеосигналов, а с одного из его выходов сигналы изображений подаются на микродисплей имитатора бортовой фотокамеры.

Формирователи изображений  $FI_{илл.1}$ – $FI_{илл.п}$  обеспечивают формирование изображения поверхности Земли в иллюминаторах тренажера СМ РС МКС для его наблюдения невооруженным глазом с помощью устройств воспроизведения изображений  $УВИ_1$ – $УВИ_п$ . Сигналы изображений поверхности Земли с выходов формирователей изображений поступают на входы устройства коммутации видеосигналов, управляемого с помощью управляющей ЭВМ. С выходов устройства коммутации видеосигналов сигналы изображений подаются на устройства воспроизведения изображений  $УВИ_1$ – $УВИ_п$ .

Специальное программное обеспечение этой системы визуализации должно содержать цифровую визуальную модель поверхности Земли с разрешением текстур 120–150 метров/тексел для  $FI_{илл.1}$ – $FI_{илл.п}$  (режим наблюдения невооруженным глазом) и с разрешением текстур не хуже 15–20 метров/тексел для  $FI_{ИСН}$  (режим наблюдения с помощью цифровой фотокамеры).

Имитатор бортовой фотокамеры представляет собой тренажерный вариант реальной бортовой цифровой фотокамеры, содержащий микродисплей с окуляром, датчик регулировки кратности увеличения объектива имитируемой фотокамеры и датчик «Спуск затвора». Сигналы этих датчиков подаются на управляющую ЭВМ для их отработки формирователем изображений  $FI_{ИСН}$  соответствующих команд управления. В результате создается визуальный эффект изменения масштаба наблюдаемого космонавтом-оператором изображения земной поверхности в окуляре имитатора бортовой фотокамеры, соответствующий трансфокации объектива реального ИСН. По командам датчика «Спуск затвора» фиксируются и запоминаются кадры сформированного изображения земной поверхности для их последующего анализа при разборе тренировки и оценки инструктором действий космонавта-оператора при отработке навыков выполнения сеансов ВИН.

Система трекинга обеспечивает определение в реальном времени линейных и угловых координат имитатора бортовой фотокамеры относительно иллюминатора ( $УВИ_1$ ) и формирование с помощью управляющей ЭВМ команд управления визуальной моделью Земли  $FI_{ИСН}$ . Формируемое изображение поверхности Земли при этом зависит от текущего положения оптической оси виртуального объектива имитируемой бортовой фотокамеры относительно иллюминатора ( $УВИ_1$ ).

Представленное на рис. 1 устройство использует технологию ультразвукового трекинга, дополненную инерционными датчиками. Оно содержит модуль излучателя с ультразвуковыми передатчиками, размещаемый на имитаторе бортовой фотокамеры, приемные модули, размещаемые в рабочей зоне расположения иллюминатора тренажера ( $УВИ_1$ ) и модуль управления, осуществляющий синхронизацию работы всего устройства, обработку и передачу данных с приемников на управляющую ЭВМ по интерфейсам USB или RS-232, RS-422, RS-485.

Рассматриваемая система визуализации обеспечивает одновременное формирование и отображение изображения поверхности Земли как в иллюминаторах тренажера служебного модуля для его наблюдения невооруженным глазом, так и в бортовой цифровой фотокамере с изменяемой кратностью увеличения ее объектива.

Использование в имитаторе бортовой фотокамеры системы трекинга позволит отрабатывать космонавтами на тренажере важные практические навыки наведения оптической оси фотокамеры на объект земной поверхности и его «захвата» на сопровождение, а также синхронизации движения оптической оси объектива фотокамеры с «бегом» местности в условиях острого дефицита времени сеанса ВИН (30–40 секунд).

Рассмотренные принципы построения системы визуализации ТСПК для ВИН в настоящее время реализуются в процессе разработки и создания в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» специализированного тренажера ВИН, предназначенного для подготовки космонавтов к решению задач в области геофизических исследований и мониторинга Земли с борта РС МКС методами визуально-инструментальных наблюдений. Одним из важных результатов заключительного этапа этой работы будет создание нового канала имитации инструментального средства наблюдения – цифровой фотокамеры. Практический опыт создания этого канала имитации и последующий опыт его практического применения в процессе подготовки космонавтов на специализированном тренажере ВИН представляют несомненный интерес для реализации данной технической задачи на тренажере СМ РС МКС.

Практическая реализация рассмотренных в статье технических решений обеспечит повышение адекватности моделирования визуальных условий мониторинга земной поверхности на ТСПК, предназначенных для отработки навыков решения задач ВИН земной поверхности. Их внедрение в практику подготовки космонавтов позволит расширить функциональные возможности тренажера СМ РС МКС и других перспективных ТСПК в интересах повышения эффективности полетной деятельности экипажей ПКА при выполнении широкого круга задач визуально-инструментальных наблюдений поверхности Земли.

Следует признать, что практическая реализация рассмотренных в статье технических решений является непростой задачей и требует достижения компромисса между выдвигаемыми высокими требованиями к обучающей эффективности ТСПК для задач ВИН и располагаемыми техническими возможностями современных программно-аппаратных средств СИВО. Отсутствие в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» достаточного практического опыта разработки и создания систем виртуальной реальности для ТСПК обуславливает острую необходимость предварительной экспериментальной отработки и проверки предлагаемых технических решений, а именно: принципов построения и технологий позиционирования имитатора ИСН, способов отображения визуальной информации в видеоискателе имитатора ИСН и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Брагин В.И., Митин А.И., Рябов К.В., Васильев В.И., Бартош В.С., Кузиковский С.А. Система имитации внешней визуальной обстановки в бортовых средствах наблюдения земной поверхности космического тренажера. Патент на полезную модель № 136618. Приоритет полезной модели 28 июня 2013 г.

- [2] Васильев В.И., Сохин И.Г., Бронников С.В., Васильева Н.В., Гордиенко О.С. Визуально-инструментальные наблюдения с борта Международной космической станции российского сегмента и основные принципы подготовки к их выполнению // Пилотируемые полеты в космос. – № 2 (7)/2013. – С. 23–29.
- [3] Долгосрочная программа научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС. – Роскосмос, 2008.
- [4] Лазарев А.И., Коваленок В.В., Авакян С.В. Исследования Земли из космоса. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – 400 с.
- [5] 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.
- [6] Отчеты о НИР на специальные темы. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2010–2012.
- [7] Самарин А.И. OLED-микродисплеи фирмы eMagin, <http://www.soel.ru/cms/f/?/311632.pdf>.
- [8] Самарин А.И. LCoS-микродисплеи и их применение, [http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008\\_08\\_24/pdf](http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_08_24/pdf).
- [9] Системы трекинга в промышленных тренажерах, <http://www.rucap.ru/node/69>.

УДК 629.783:523.3

**О ФОРМЕ ГРАНИЦ И РАЗМЕРАХ ЗОН ОБЗОРА  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛАНЕТ С КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

М.Н. Бурдаев

Докт. техн. наук, профессор М.Н. Бурдаев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье проведен анализ размеров и форм границ зон обзора поверхностей планет с космических аппаратов для различных углов отклонения оптической оси наблюдательного инструмента от подспутниковой точки и различных углов его конусного поля зрения.

**Ключевые слова:** поверхность планеты, космический аппарат, зона обзора, граница зоны.

**Boundary Shape and the Size of Earth's Surface Observed From Space Vehicles. M.N. Burdaev**

The paper analyzes the size and boundary shape of Earth's surface observed from space vehicles for the different deviation angles of the optical axis of an observational tool from the sub-satellite point and for the different angles of its conical field of view.

**Keywords:** Earth's surface, a satellite, a coverage area, area boundaries.

При решении многих задач обзора поверхностей небесных тел из космоса, в том числе землеобзора, требуется знать форму и размеры границы зоны обзора этих поверхностей. По этому поводу возникают дискуссии между специалистами, использующими эти сведения в своих работах.

Существует мнение, что наблюдение поверхностей, близких по форме к сферическим, при отклонении оптической оси поля зрения наблюдательного прибора от местной вертикали ИСЗ граница зоны обзора становится эллиптической и приобретает геометрические свойства эллипса [1].

Такая точка зрения вызывает обоснованные возражения. Во-первых, эллипс – фигура плоская, а граница зоны обзора поверхности планеты – это линия, лежащая на поверхности сферы. Любое сечение сферы плоскостью есть окружность. Граница зоны обзора может быть окружностью и, следовательно, плоской кривой только в случае, когда оптическая ось поля зрения направлена в подспутниковую точку, и поле зрения наблюдательного инструмента представляет собой правильный конус с постоянным углом между его осью и любым из образующих его лучей [2].

Эллипс – это линия пересечения конуса с плоскостью. Понятия эллипса на сфере в математике не существует.

При увеличении угла между подспутниковой точкой и осью конуса форма границы поля зрения изменяется. Насколько она при этом близка к эллипсу и каковы ее характеристики, можно оценить только по результатам математического исследования.

Рассмотрим зону обзора, формируемую при пересечении сферы с правильным конусом с одинаковым углом между его осью и любым из образующих его лучей.

Выведем уравнение линии пересечения конуса с одинаковым для всех его образующих углом  $\alpha$  при вершине со сферой радиусом  $R$  (рис. 1).

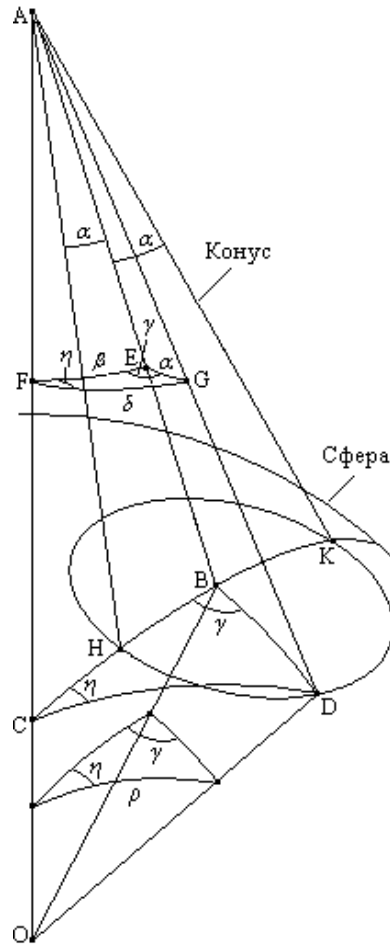


Рис. 1. Схема и основные параметры пересечения конуса и сферы

в полярной сферической системе координат, начало которой лежит в точке С, а полярная ось направлена по дуге СК.

В итоге получено уравнение линии пересечения конуса со сферой в параметрической форме в полярных координатах  $\rho, \eta$  в функции одной переменной – угла  $\gamma$ . Начальными условиями для расчета линии пересечения конуса со сферой являются величины  $(R+H)/R, \alpha$  и  $\beta$ .

Отобразить на плоскости пространственную кривую – границу зоны обзора сферической поверхности – без искажений не удастся.

Проблема отображения на плоскости сферических поверхностей и линий на сфере возникла вместе с картографией и до сих пор существуют только приближенные ее решения. Одним из таких решений являются показанные в качестве примера на рис. 2 на плоскости в прямоугольной равномасштабной системе координат границы линии пересечения конуса и сферы для значений  $H = 400 \text{ км}, \alpha = 5^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ$  и  $\beta = 60^\circ$ .

На рис. 1:  $OB = OC = OD = R$ ;  
 $AC = H$  – расстояние от вершины конуса до поверхности сферы, высота точки наблюдения;  
 $AO$  – расстояние между вершиной конуса и центром сферы;  
 $AB$  – ось конуса;  
 $\alpha$  – постоянный угол между осью конуса и любым из образующих его лучей;  
 $\beta$  – угол между линией  $AO$  и осью конуса;  
 $ABO$  – часть плоскости, проходящей через линию  $AO$  и ось  $AB$  конуса;  
 $ABD$  – часть плоскости, проходящей через ось  $AB$  конуса и произвольную образующую конуса;  
 $\gamma$  – угол между плоскостями  $ABO$  и  $ABD$ .  
 Принимаем угол  $\gamma$  за независимую переменную величину.  
 В сферическом треугольнике  $EFG$  находим:

$$\delta = \arccos(\cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta\cos\gamma),$$

$$\eta = \arcsin\left(\frac{\sin\gamma}{\sin\delta}\sin\alpha\right).$$

В треугольнике  $AOD$

$$\rho = \arcsin\left(\frac{R+H}{R}\sin\delta\right) - \delta.$$

В сферическом треугольнике  $BOD$  угол  $B$  равен углу  $\eta$ , сторона  $OD$  измеряется углом  $\rho$ .

Углы  $\eta$  и  $\rho$  определяют координаты точек линии пересечения конуса со сферой



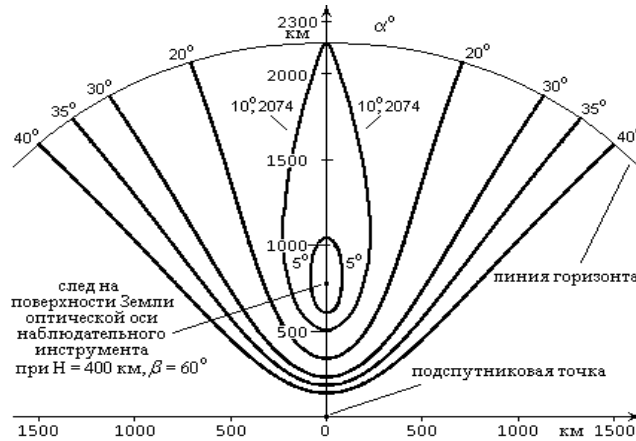


Рис. 2. Формы и размеры границ зон обзора поверхности Земли с ИСЗ при  $H = 400 \text{ км}$ ,  $\beta = 60^\circ$  для различных углов  $\alpha$

Ближайшая к началу координат точка  $H$  границы зоны обзора удалена от него на геоцентрическое угловое расстояние  $\sigma$  (рис. 3):

$$\sigma = \arcsin \left[ \frac{R+H}{R} \sin(\beta - \alpha) \right] + \alpha - \beta.$$

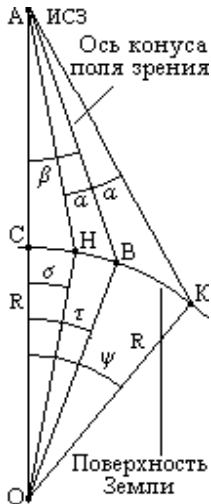


Рис. 3. К границам зоны обзора

Между подспутниковой точкой и самой отдаленной от нее точкой  $K$  границы зоны обзора угловое расстояние  $\psi$  (рис. 3) составляет:

$$\psi = \arcsin \left[ \frac{R+H}{R} \sin(\alpha + \beta) \right] - \alpha - \beta.$$

Эта точка ложится на видимый горизонт, когда

$$\psi_{max} = \arccos \left( \frac{R}{R+H} \right) \text{ и}$$

$$(\alpha + \beta)_{max} = \arcsin \left( \frac{R}{R+H} \right).$$

При увеличении суммы углов  $\alpha + \beta$  сверх этой величины сплошная линия границы зоны обзора разрывается.

Например, для высоты полета ИСЗ  $H = 400 \text{ км}$  без учета рефракции в атмосфере Земли величина  $\psi_{max}$  равна  $19^\circ, 793$ . При угле отклонения от подспутниковой точки оптической оси наблюдательного инструмента ИСЗ  $\beta = 60^\circ$  самая дальняя точка замкнутой границы зоны обзора касается горизонта при  $\alpha = 10^\circ, 207$ . Отсюда следует, что при наклоне  $i$  орбиты широтные границы зон обзора поверхности Земли не могут выходить за пределы

$$\pm \varphi = i + \psi_{max} = i + \arccos \left( \frac{R}{R+H} \right).$$

Геоцентрический угловой размер зоны обзора в направлении от подспутниковой точки равен разности углов  $\psi$  и  $\sigma$ . В километрах по поверхности Земли этот размер составляет  $\Delta l = (\psi - \sigma)R$ .

Максимальный видимый из точки наблюдения поперечный угловой размер зоны обзора может быть определен в общем виде из условия

$$\frac{\partial \eta}{\partial \gamma} = 0$$

или численным итерационным расчетом для конкретных начальных условий. Он равен двум получаемым максимальным величинам угла  $\eta_{max}$ .

Результаты одного из вариантов численных расчетов максимальной видимой из точки наблюдения угловой ширины зоны обзора  $2\eta_{max}$  представлены на рис. 4.

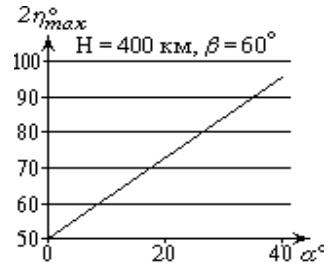


Рис. 4. Зависимость углового размера  $2\eta_{max}$  зоны обзора Земли от угла  $\alpha$

Максимальные угловая и линейная ширина зоны обзора на сфере имеют место при максимальной величине угла  $c$  (рис. 5).

Определяются они из прямоугольного сферического треугольника  $B'CD'$  (рис. 5) с использованием условия

$$\frac{dc}{d\gamma} = 0$$

на основе тех же подходов, что и величина  $\eta_{max}$ .

Результаты одного из вариантов расчетов максимальной угловой ширины  $2c_{max}$  зоны обзора на сфере представлены на рис. 6.

Координаты точек максимальной ширины зоны обзора относительно подспутниковой точки для того же варианта численных расчетов показаны на рис. 7.

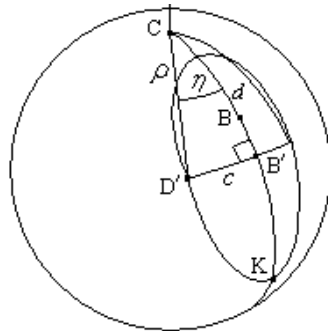


Рис. 5. К поиску величин  $\eta_{max}$  и  $c_{max}$

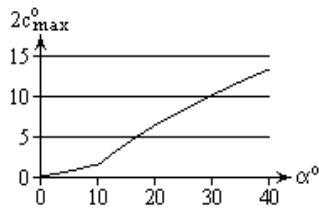


Рис. 6. Максимальная ширина  $2c_{max}$  зоны обзора для различных  $\alpha$  при  $H = 400$  км,  $\beta = 60^\circ$

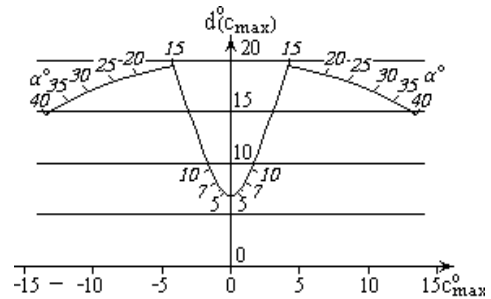


Рис. 7. Координаты точек максимальной ширины зон обзора относительно подспутниковой точки

### Заключение

1. Для исследования формы границы и размеров зон обзора поверхностей планет с космических аппаратов выведено уравнение линии пересечения конуса со сферой в параметрической форме в полярной системе координат  $\rho$ ,  $\eta$  в функции одной переменной – угла  $\gamma$ .

2. Начальными условиями для расчета линии пересечения конуса со сферой являются величины параметров  $(R+H)/R$ ,  $\alpha$  и  $\beta$ , где  $R$  – радиус сферы наблюдаемой поверхности,  $H$  – расстояние от сферы до наблюдательного инструмента,  $\alpha$  – угол, равный половине угла конусного поля зрения наблюдательного инструмента,  $\beta$  – угол отклонения оптической оси наблюдательного инструмента от направления на подспутниковую точку (рис. 1).

3. Для различных углов  $\beta$  граница зоны обзора поверхности Земли с ИСЗ имеет различные формы (рис. 2). При  $\alpha + \beta \leq \arcsin\left(\frac{R}{R+H}\right)$  линия границы зоны обзора замкнута. При  $\alpha + \beta > \arcsin\left(\frac{R}{R+H}\right)$  сплошная линия границы зоны обзора разрывается.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Орешкин Г.Д., Степанов Э.Н., Митина А.А., Митин А.Т. Влияние параметров обзора поверхности Земли на возможность проведения мониторинга наземных объектов в пилотируемом космическом полете // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 2(7). – С. 30–42.
- [2] Митина А.А., Митин А.Т. Зондирование поверхности Земли из космоса. – Звездный городок: РГНИИЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2008.

УДК 001.2:629.78

## СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА КОСМОНАВТОВ

Л.В. Иванова

Канд. социологических наук Л.В. Иванова (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье проанализированы основные социокультурные параметры профессионального сообщества космонавтов, представлено влияние основных социокультурных характеристик на формирование имиджа космонавтов и развитие корпоративной культуры сообщества, которые взаимосвязаны и взаимообусловлены с развитием общества. Рассматривается взаимоотношение Русской православной церкви и космонавтов в современной России.

**Ключевые слова:** социокультурные параметры, корпоративная культура, субкультура, имидж, религия, традиции, общество, подрастающее поколение.

### **Sociocultural Parameters of Cosmonaut Professional Community.**

**L.V. Ivanova**

The paper analyzes the main sociocultural parameters of the cosmonaut professional community and presents the impact of main sociocultural characteristics on the formation of the image of a cosmonaut and on the development of the corporate culture of the community, which are interrelated and interdependent. Also, the paper considers the relationship between the Russian Orthodox Church and cosmonauts in modern Russia.

Keywords: sociocultural parameters, corporate culture, subculture, image, religion, traditions, society, rising generation.

Пилотируемая космонавтика представляет собой не только научно-техническую отрасль, но и в значительной мере – социально-культурный феномен, причем, феномен всемирный, общепланетный. При этом космонавтика как сфера деятельности и социокультурный феномен возникла, отвечая на определенные потребности человека, государства и общества, и вместе с тем она оказывает весьма заметное воздействие на развитие многих сфер общественной и культурной жизни.

Ядром пилотируемой космонавтики является профессиональное сообщество космонавтов. Профессия «космонавт» и профессиональное сообщество космонавтов модулированы сложным комплексом внутренних и внешних факторов, взаимосвязаны с формированием межкультурных коммуникаций и корпоративной культуры (субкультуры), на развитие которых влияют множественные социокультурные параметры космонавтов. Уникальная профессия, высокий уровень образованности, широкомасштабная научная деятельность, многоаспектная творческая активность, владение иностранным языком, риторикой, здоровый образ жизни, активная гражданская позиция, самосознание и ответственность перед государством и ожиданиями миллионной общественности, деятельность космонавтов вне (за пределами) основного профессионального пространства способствуют формированию индивидуального имиджа космонавта и имиджа всего профессионального сообщества космонавтов, который благоприятствует целостному восприятию их социумом [3]. В целом имидж – это сложная многоуровневая система, которая включает самые различные грани сообщества или актора: от духовной сущности, гармонизации внешнего облика, вербальных и невербальных компонентов общения до успешной профессиональной самореализации. В этой связи исключитель-

но важную роль играет умение формировать сильную корпоративную культуру, то есть по сути «дух» человеческих отношений, который является необходимой базой не только цивилизованной и эффективной деятельности, но и межкультурной коммуникации в коллективе. Успешная коммуникация проявляется в первую очередь в диалогическом общении, где коммуниканты стремятся к кооперации (сотрудничеству). Кроме этого, для организации и ведения диалога необходимо соблюдение определенных условий, таких как исходный разрыв в знаниях или их различная интерпретация, потребность в общении, требование общей памяти, наличие общих языковых знаний [1, 2]. Таким образом, управление коммуникативным процессом требует согласования коммуникативных программ участников диалога, координации их коммуникативных интенций, без чего немисливо представить корпоративную культуру сообщества космонавтов. Э. Шейн, один из основоположников теории корпоративной культуры, определяет ее как «модель поведенческих норм, разделяемых всеми, которая была использована в прошлом и признана правильной и, следовательно, должна быть передана для усвоения новым членам организации как единственно правильный способ восприятия, представления и отношения...» [5]. Очевидным является то, что успешное функционирование профессионального сообщества космонавтов возможно лишь при сильной единой корпоративной культуре, так как оно является многонациональной организацией (в нашей стране космонавты представляют 13 национальностей; более чем в 55 странах мира имеются космонавты с масштабной географией мест рождения и проживания). Из этого следует, что мировое сообщество космонавтов – это сложное переплетение профессий, это объединение множества различных элементов (национальных культур, религий, этносов, управленческих стилей, языков, национальных ценностей и норм поведения и т.д.). По этой причине единая среда обитания в процессе длительной подготовки к космическим полетам, совместная деятельность в космическом пространстве требуют использовать все то лучшее, что накоплено различными национальными культурами веками, и с должным уважением относиться к существующим культурным различиям. Возникает необходимость уметь сотрудничать с людьми, имеющими другие представления и ценности, быть открытым к переменам, проявлять благожелательный этноцентризм.

Цели и приоритеты сообщества космонавтов проникают в среду принятия решений в основном через нормы и процедуры, трансформирующиеся в ритуалы, обычаи и традиции, которые стали важной частью корпоративной культуры.

На современном этапе значимым социокультурным параметром современного сообщества космонавтов и элементом корпоративной культуры является отношение космонавтов к религии. В современной России оно коренным образом изменилось. В настоящее время образовались тесные контакты между представителями профессионального сообщества космонавтов и Русской православной церкви, появились новые традиции. Полезный опыт сотрудничества профессионального сообщества космонавтов и Русской православной церкви (РПЦ) стал традиционным в социальной сфере и на международном уровне.

По результатам наблюдений сотрудничество космонавтов с РПЦ способствует поддержанию духовно-нравственного равновесия не только в экстремальных условиях, но и в подготовке к полетам, и в быту.

Как пишет Д.А. Леонтьев, «происходит расширение мировоззрения каждого человека и это ведет к обогащению толерантности, терпимости и умению учиться у других, его собственной смысложизненной ориентации, организованной сово-

купности смысловых образований и связей между ними, обеспечивающих смысловую регуляцию целостной жизнедеятельности субъекта во всех ее аспектах» [4]. С другой стороны, сам синтетический подход логическим образом приводит к созданию культурной синергии, т.е. наращиванию дополнительных возможностей за счет культурного разнообразия. Учет особенностей национальных культур космонавтов помогает избежать конфликта культур и обеспечить успешную межкультурную коммуникацию как внутри сообщества, так и с внешним миром, а успешному профессиональному взаимодействию способствуют «коммуникативная компетенция», которая реализуется через «коммуникативное поведение».

Основные социокультурные параметры профессионального сообщества космонавтов (элементы субкультуры, профессиональные и др. характеристики) и направления его взаимодействия с обществом представлены на рис. 1. В виде блоков упрощенно показаны основные элементы субкультуры профессионального сообщества космонавтов, а также профессиональные и другие характеристики космонавтов.

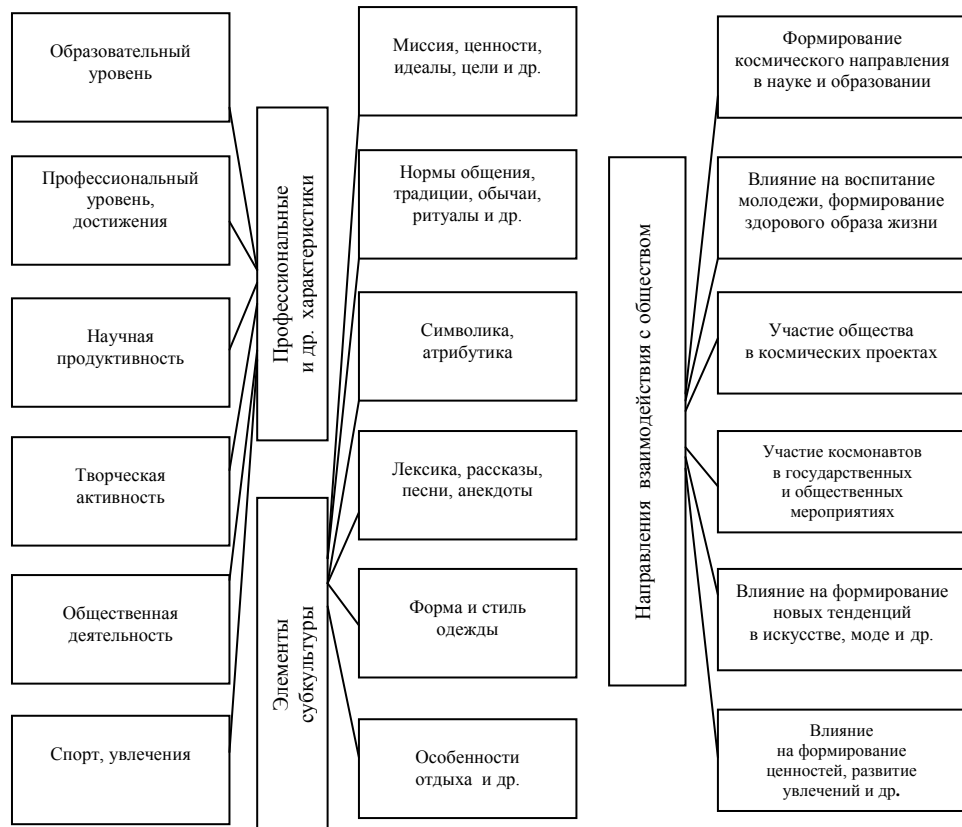


Рис. 1. Основные социокультурные параметры профессионального сообщества космонавтов (элементы субкультуры, профессиональные и другие характеристики) и направления его взаимодействия с обществом

Сообщество космонавтов не может развиваться вне освоения знаний, ставших общественным достоянием и хранящихся в социальной памяти. Сверх того, в процессе своего развития сообщество космонавтов вырабатывает свою субкультуру, которая постоянно претерпевает изменения в связи с потоком новых требований и которая оказывает значительное влияние не только внутри профессионального сообщества космонавтов, но и на все общество. Имидж профессионального сообщества космонавтов имеет реальное значение у поколения, для которого рождение и развитие космонавтики стало главной победой технологического прогресса; имеет воздействие на формирование здорового образа жизни, ценностей, активной жизненной позиции, увлечений у подрастающего поколения, на развитие новых тенденций в мире науки, образования, культуры, моды.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агапова С.Г. Основы межличностной и межкультурной коммуникации – Ростов н/Д.: Феникс, 2004. – 288 с.
- [2] Гойхман О.Я., Надеина Т.М. Речевая коммуникации. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 272 с.
- [3] Иванова Л.В. Образовательный уровень и научная продуктивность советских (российских) космонавтов: попытка статистического анализа // Вопросы истории, естествознания и техники. – 2011. – № 4. – С. 179–188.
- [4] Леонтьев Д.А. Психология смысла. – М.: Смысл, 2005. – С. 79.
- [5] Персикова Т.Н. Феномен корпоративной культуры в современной России (сопоставительный анализ корпоративных культур в российских и иностранных организациях) // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата культурологии. – М., 2007. – С. 14.

## ОБЗОРЫ

## OVERVIEWS

УДК 629.787

### КОСМИЧЕСКИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

М.В. Кондратенко, К.А. Титов, А.М. Салаев

М.В. Кондратенко, К.А. Титов, А.М. Салаев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье приводится обзор манипуляторов, использующихся на Международной космической станции; рассматриваются органы управления манипуляторов МКС; европейский космический манипулятор, который будет расположен на российском сегменте; обсуждаются некоторые проблемы подготовки космонавтов по европейскому космическому манипулятору.

**Ключевые слова:** Международная космическая станция, манипулятор, размещение, деятельность, управление.

#### **Space robot systems on the international space station.**

**M.V. Kondratenko, K.A. Titov, A.M. Salaev**

The paper presents an overview of manipulators used on the International Space Station. Also, it considers the controls of the ISS's manipulators; European Robotic Arm (ERA) to be installed on the Russian Segment as well as some problems of cosmonaut training for ERA.

**Keywords:** International Space Station, a manipulator, installation, activity, control.

Основной целью данной статьи является обзор и сравнительный технический анализ космических манипуляторов, находящихся на Международной космической станции (МКС), а также европейского манипулятора, который планируется доставить на орбиту на поверхности МЛМ «Наука». В статье отдельное внимание уделено системам и органам управления европейского манипулятора.

На сегодняшний день робототехника без сомнений является неотъемлемой частью нашей жизни. Механизированных андроидов и манипуляционных роботов можно встретить в любой области человеческой деятельности. И это не удивительно, потому что человек всегда стремится к созданию устройств, которые могли бы облегчить или полностью заменить физический или умственный труд. Развитие робототехники не обошло стороной и космос. Космонавтика является одной из критически опасных областей деятельности человека, в которой без «механизированных помощников» не обойтись.

Международная космическая станция вот уже на протяжении 16 лет служит для человека «космическим домом». Космонавты и астронавты разных стран мира, работая на МКС, выполняют целый ряд сложных задач и сотни различных экспериментов. Для облегчения выполнения таких задач и поддержки внекорабельной деятельности на станции были установлены канадский космический манипулятор Space Station Remote Manipulator System (SSRMS) и японский манипулятор Japanese Experiment Module Remote Manipulator System (JEMRMS).



SSRMS – манипулятор, разработанный в канадском космическом агентстве, который предназначен в первую очередь для переноса полезных грузов больших размеров и масс, а также переноса астронавтов и поддержки внекорабельной деятельности на американском сегменте МКС. SSRMS входит в состав робототехнического комплекса MSS (Mobile Servicing System).

Робототехнический комплекс MSS предназначен для монтажа и демонтажа элементов МКС, выполнения транспортно-монтажных операций, операций технического обслуживания и внекорабельной деятельности (ВКД) с крупногабаритными переносимыми грузами (ПГ) и заменяемыми на орбите блоками (On-orbit Replacement Units (ORU)).

Комплекс MSS состоит из пяти подсистем:

1. Космический манипуляционный робот (КМР) космической станции (SSRMS).
2. Мобильный транспортер Mobile Transporter (MT).
3. Блок основания Mobile Remote Servicer Base System (MBS).
4. Рабочая станция Robotic Workstation (RWS) (пульт управления).
5. КМР специального назначения (SPDM).

Рассмотрим более подробно каждую подсистему.

#### *1. КМР космической станции (SSRMS)*

Основную работу в комплексе MSS выполняет КМР SSRMS. Он используется для перемещения крупных ПГ и заменяемых блоков, а также для выполнения таких операций, как извлечение грузов из отсека полезного груза и установка их в отсек, перемещение и монтаж элементов на МКС и передача грузов другим робототехническим системам. Максимальная масса переносимого груза 116 т. При помощи системы SSRMS можно также доставлять КМР SPDM на рабочие площадки, обеспечивать ВКД, выполнять осмотр внешних поверхностей МКС и захватывать автономные космические аппараты.

SSRMS имеет длину 17 метров и состоит из двух концевых эффекторов, двух балок, четырех камер и семи шарнирных сочленений, каждое из которых может вращаться на  $\pm 270^\circ$ . Манипулятор имеет симметричную конструкцию, что позволяет ему «шагать» от одного такелажного узла к другому. Функцию «опоры» или «кисти» может выполнять любой концевой эффектор манипулятора. Альтернативным способом перемещения манипулятора по МКС является подвижная платформа, передвигающаяся по фермам станции.

В системе SSRMS могут использоваться имеющиеся на МКС такелажные узлы двух видов. Один из таких узлов, PDGF (Power Data Grapple Fixture), оборудован разъемами, позволяющими подключать систему SSRMS к цепям электропитания, обмена данными и передачи видеосигналов. В качестве опоры системы SSRMS может использоваться только узел PDGF. Такие такелажные узлы расположены на многих элементах МКС (на модуле Lab, японском экспериментальном модуле (JEM), функционально-грузовом блоке и блоке MBS) и обеспечивают сопряжение с другими элементами и ПГ.

Такелажный узел второго типа – Flight Releasable Grapple Fixture (FRGF), используется в основном для работы с ПГ, которые не нуждаются в электропитании, обмене данными и передаче видеосигналов.

#### *2. Мобильный транспортер (MT)*

Мобильный транспортер служит средством сопряжения между конструкциями МКС и блоком основания (MBS). Мобильный транспортер используется также для перемещения манипуляторов SSRMS и SPDM, полезных грузов и операторов ВКД. При максимальной скорости, равной 2,54 см/с, перемещение от од-

ного конца фермы до другого в автоматическом режиме занимает 50 мин.

### 3. Блок основания (MBS)

Блок основания подвижной системы обслуживания является рабочей платформой для манипулятора SSRMS. Через блок MBS организуется взаимодействие между КМП SSRMS, КМП SPDM, блоками ORU, полезными грузами, операторами ВКД и транспортером МТ, поэтому МТ невозможно использовать как средство транспорта без блока MBS (рис. 1).

### 4. Рабочая станция (RWS)

Рабочая станция (RWS) предназначена для управления робототехническим комплексом MSS. Станция RWS состоит из множества компонентов, располагающихся как внутри, так и вне стойки. Внешние элементы выполнены как переносные устройства и включают в себя (рис. 2):

- три ТВ-монитора;
- рукоятки управления перемещением Translation Hand Controller и вращением Rotation Hand Controller;
- пульт индикации и управления Display and Control;
- систему портативного компьютера Portable Computer System;
- координатное устройство Cursor Control Device.

В рабочей станции предусмотрены автоматические (с использованием заложенных программ) и ручные (при помощи ручек управления и тумблеров) режимы управления манипуляторов SSRMS и SPDM.

### 5. КМП специального назначения (SPDM)

Манипулятор специального назначения SPDM – последний элемент системы MSS. Он состоит из двух «рук» длиной по 3,5 м, имеющих семь шарнирных сочленений. Одновременно может использоваться только одна из двух рук, а вторая рука служит для придания устойчивости на рабочей площадке. SPDM обладает повышенной эксплуатационной гибкостью, его основное назначение состоит в техническом обслуживании элементов МКС и работе с небольшими полезными грузами. Максимальная масса переносимого груза 600 кг. SPDM может использоваться при выполнении ВКД для транспортировки и позиционирования оборудования (рис. 3) [1].



Рис. 1. Манипулятор SSRMS на подвижной платформе



Рис. 2. Рабочая станция RWS. Органы управления SSRMS и SPDM



Рис. 3. Манипулятор специального назначения SPDM

Управление КМР SPDM осуществляется с рабочей станции RWS, причем режимы и средства управления аналогичны тем, которые используются при работе с системой SSRMS.

Вторым космическим манипулятором, используемым на МКС, является японский робототехнический комплекс JEMRMS, предназначенный для поддержки выполнения экспериментов и обслуживания японского модуля KIBO.

Робототехнический комплекс JEMRMS (рис. 4) состоит из следующих подсистем:

1. Основная рука Main Arm (MA).
2. Малая рука Small Fine Arm (SFA).
3. Стойка управления (пульт оператора) RMS Console.

#### 1. Основная рука Main Arm (MA)

Основная рука MA предназначена преимущественно для переноса полезной нагрузки и SFA.

Основная рука MA представляет собой манипулятор длиной 10 м с шестью шарнирными сочленениями и двумя основными балками. На конце одной из балок располагается концевой эффектор, а концом второй балки манипулятор закреплен с помощью шарнирного соединения с неподвижным основанием на герметичном отсеке Pressurized Module (PM) модуля JEM, вследствие чего MA не может работать в «шагающем» режиме, как SSRMS. Максимальный груз, переносимый манипулятором MA, составляет 7000 кг. Подобно концевому эффектору SSRMS, исполнительный механизм основной руки MA фиксируется на такелажных узлах. Такелажный узел манипулятора MA оборудован разъемом, через который подается электропитание, передаются данные и видеосигналы на полезную нагрузку и манипулятор SFA.



Рис. 4. Робототехнический комплекс JEMRMS на модуле KIBO

#### 2. Малая рука Small Fine Arm (SFA)

Малая рука SFA (рис. 5) предназначена для взаимодействия с научной аппаратурой на рабочей площадке модуля KIBO. SFA представляет собой высокоподвижный манипулятор длиной 2 м, в составе которого имеются шесть шарниров,

две балки, исполнительный орган. Данный манипулятор имеет возможность переносить полезную нагрузку от 80 до 300 кг. SFA перемещается основной рукой МА, которая служит его опорой. В отличие от манипулятора SPDМ, который может работать отдельно от манипулятора SSRMS, манипулятор SFA в рабочем состоянии должен всегда быть закреплен на основной руке МА [2].

### 3. Стойка управления (пульт оператора) RMS Console

Стойка управления RMS Console размещается в герметичном отсеке Pressurized Module модуля JEM. Стойка RMS Console содержит ручки управления, подобно рабочей станции RWS, и позволяет работать в различных автоматических и ручных режимах управления. Управление основной рукой МА осуществляется главным образом в режиме автоматического управления, а ручной режим (с помощью рукояток управления) применяется, как правило, для манипулятора SFA.

Принципы работы и концепция структуры манипуляторов JEMRMS и SSRMS во многом аналогичны. Как видно из представленных выше описаний, основной отличительной особенностью данных космических манипуляторов является возможность перемещения по поверхности станции шагающим принципом.

Так как японский манипулятор JEMRMS является стационарным и не имеет возможности перемещаться по поверхности станции, в его конструкции можно заметить отсутствие шарнира крена со стороны опоры, который не востребован для такого рода манипуляторов.

В данный момент на российском сегменте МКС для выполнения операций по переносу полезной нагрузки космонавты используют неавтоматизированное устройство – грузовую стрелу (рис. 6). Эксплуатационные характеристики данного механизма накладывают определенные ограничения на его использование. Данные ограничения связаны со стационарностью и отсутствием возможности переноса полезной нагрузки в различных плоскостях. Если необходимо перенести груз на другую сторону модуля, то для такой операции требуется переносить саму стрелу, что в сравнении с автоматизированными манипуляторами является сложной и не всегда рациональной в выполнении задачей, требующей затрат определенного количества времени. Поэтому для выполнения таких задач было решено разместить на поверхности российского сегмента МКС манипулятор, который позволял бы совершать операции по переносу полезной нагрузки без выхода космонавтов в открытый космос. Данный манипулятор получил название «European

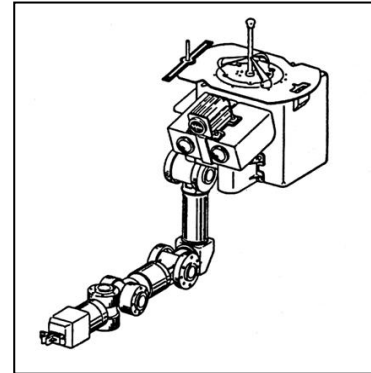


Рис. 5. Малая рука SFA



Рис. 6. Грузовая стрела

Robotic Arm» (ERA) (рис. 7). Задачи, которые будет решать космический манипулятор ERA, заключаются в обслуживании российского сегмента, установке различного рода научного оборудования на поверхности станции, а также в содействии космонавтам при внекорабельной деятельности.

Выведение на орбиту манипулятора ERA планируется на поверхности многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) (рис. 8). При запуске модуля манипулятор будет находиться в стартовой конфигурации или так называемом положении «Чарли Чаплин», получившем название за характерную форму в сложенном виде. После выведения на орбиту и стыковки модуля с МКС планируется перевести манипулятор ERA из стартовой конфигурации в рабочую (орбитальная валидация) посредством автоматических миссий. После выполнения миссий орбитальной валидации основной задачей, стоящей перед космонавтами, является перенос и монтаж радиатора и шлюзовой камеры с малого исследовательского модуля (МИМ1) на МЛМ. Шлюзовая камера станет инструментом для доставки полезных грузов за пределы станции. Внутри шлюзовой камеры имеется

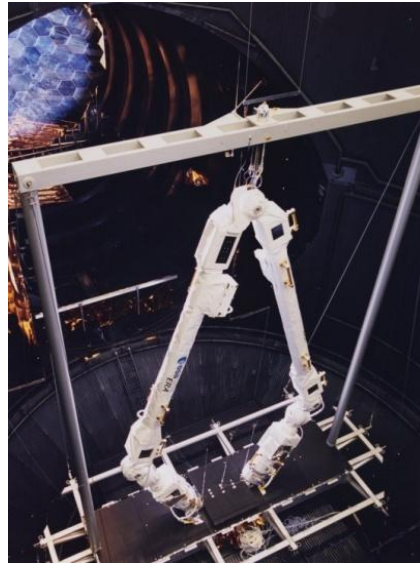


Рис. 7. Внешний вид ERA

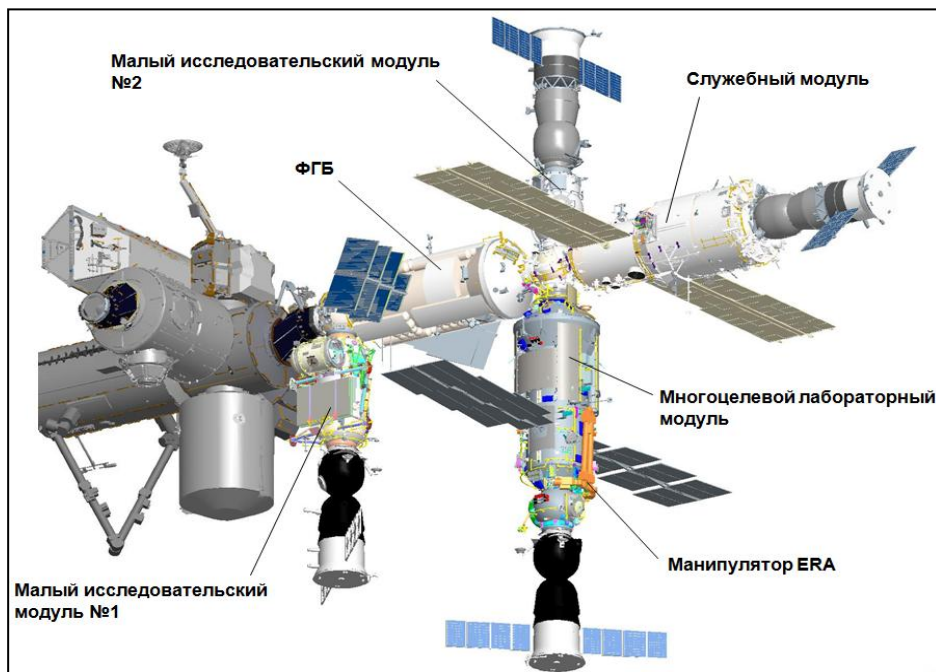


Рис. 8. Конфигурация РС МКС с модулем МЛМ



выдвижной стол, предназначенный для размещения на нем различного оборудования, необходимого для выполнения научных программ. Посредством стола полезную нагрузку можно доставить за пределы станции для стыковки с манипулятором и дальнейшим размещением ее на поверхности МЛМ. Предполагается, что использование манипулятора ERA на российском сегменте существенно сократит количество выходов космонавтов в открытый космос, так как при выполнении задач по выносу полезной нагрузки (научного оборудования) изнутри станции и установке его снаружи на поверхность космонавтам достаточно будет использовать только манипулятор и шлюзовую камеру. Следовательно, при решении таких задач будет отсутствовать необходимость космонавтам выполнять выход в открытый космос, что значительно повысит безопасность космической деятельности.

Европейский космический манипулятор ERA является симметричным манипулятором с семью степенями свободы. ERA имеет способность перемещаться по поверхности станции, используя принцип перешагивания по специализированным базовым точкам, что придает гибкость в его использовании.

Европейский космический манипулятор ERA состоит из следующих подсистем:

- компьютера управления;
- концевых эффекторов;
- шарниров;
- блоков электроники;
- телекамер;
- балок.

Структурно манипулятор ERA можно разбить на три сустава: плечо, локоть и кисть. Плечом называется запястье с закрепленным и запитанным на базовой точке концевым эффектором, кистью – со свободным или рабочим концевым эффектором (исполнительным механизмом) (рис. 9). Каждое из двух запястий манипулятора ERA состоит из трех шарниров со взаимно перпендикулярными осями вращения, обозначаемыми (от локтя к концевому эффектору) соответственно тангажом (Pitch), рысканием (Yaw) и креном (Roll).

По направлению от кистевого сустава к плечевому конфигурация шарниров следующая: шарнир крена кисти (Wrist Roll), шарнир рыскания кисти (Wrist Yaw), шарнир тангажа кисти (Wrist Pitch), шарнир тангажа локтя (Elbow Pitch), шарнир тангажа плеча (Shoulder Pitch), шарнир рыскания плеча (Shoulder Yaw), шарнир крена плеча (Shoulder Roll).

Главной и отличительной особенностью манипулятора ERA от SSRMS и JEMRMS является полностью автоматическое выполнение операций от одного состояния хранения (положение, в котором манипулятор закреплен двумя концевыми эффекторами за базовые точки) до другого. Преимущество ERA над манипуляторами, установленными на поверхности МКС, заключается в программном обеспечении электронно-вычислительного комплекса, которое позволяет позиционировать манипулятор с точностью до миллиметров, а

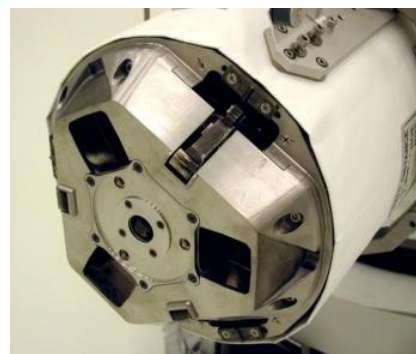


Рис. 9. Концевой эффектор ERA

также избежать столкновений с объектами станции с помощью системы ухода от столкновений (Collision Avoidance). Данная система очень важна, так как позволит максимально безопасно использовать ERA при выполнении любых задач. В структуру блока телекамер манипулятора встроено лазер, который обеспечивает полностью автоматическую стыковку с объектами.

Для управления манипулятором существует три режима:

- автоматический (при использовании автопоследовательностей);
- полуавтоматический (при использовании миниавтопоследовательностей);
- ручной.

Автоматический режим управления предназначен для управления манипулятором с минимальным участием оператора ERA. Для выполнения определенных задач создаются «миссии», представляющие собой последовательности команд, исполняемые манипулятором в автоматическом режиме управления. В данном режиме основной задачей оператора является контроль параметров систем манипулятора при выполнении компьютером управления ERA последовательностей команд. Реализованная в программном обеспечении компьютера управления ERA система предупреждения столкновений (Collision Avoidance) обеспечивает безопасность перемещения манипулятора ERA, учитывая допустимые расстояния от всех частей манипулятора до ближайших элементов станции. Данная система оповещает оператора, при приближении до критических расстояний во всех режимах управления, отображением на пультах управления различных классов предупредительных и аварийных сообщений.

В полуавтоматическом режиме управления используются миниавтопоследовательности. В данном режиме управление перемещением манипулятора выполняется вручную путем выдачи команд на одном из пультов управления и завершается в месте, называемом точкой безопасного сближения, которая расположена на расстоянии 90 см от базовой точки или такелажного элемента на полезной нагрузке. На этом этапе ручные операции завершаются и выполняются соответствующие миниавтопоследовательности [3].

Ручной режим управления предназначен для управления манипулятором при отсутствии возможности управления манипулятором в автоматическом или полуавтоматическом режимах управления, а также при возникновении нештатных ситуаций. В данном режиме все операции выполняются с помощью выдачи команд на пульте управления. Данный режим включает в себя три способа управления перемещением манипулятора: Joint, Jog, Step [3].

Режим Joint предназначен для управления одним из шарниров манипулятора. Перемещение манипулятора в режиме Jog может выполняться только в одном декартовом направлении или в виде поворота относительно одной декартовой оси координат, т.е. относительно одной из осей выбранной системы координат. Режим Step отличается от Jog только тем, что в базе данных компьютера управления ERA заложен определенный шаг как для линейных перемещений, так и для поворотов вокруг осей выбранной системы координат.

Рассмотренные режимы управления придают манипулятору ERA многофункциональность и универсальность в его применении в условиях космоса. Основными органами управления ERA являются два пульта управления – внутренний – Intra Vehicular Activity Man-Machine Interface (IMMI) (рис. 10) [4] и внешний – Extra Vehicular Activity Man-Machine Interface (EMMI) (рис. 11) [5].



Рис. 10. Внутренний пульт управления – IMMI



Рис. 11. Внешний пульт управления – EMMI

IMMI представляет собой лэптоп с программной оболочкой, обеспечивающей помимо управления также визуальный обзор текущего положения манипулятора ERA относительно модулей и объектов МКС в виде упрощенных 3D-моделей. Предоставленный визуальный обзор называется синоптическим дисплеем. Данная функция дает очевидное преимущество над пультами управления SSRMS и JEMRMS, в которых она отсутствует.

Управляя канадским и японским манипуляторами, оператор имеет только виды, генерируемые стационарными камерами, расположенными на поверхности станции. Оператор, управляющий европейским манипулятором, помимо видов с внешних камер для контроля, использует еще и синоптический дисплей. Синоптический дисплей представляет собой трехмерный вид станции, манипулятора и объектов, с которыми работает манипулятор. Виды дисплея могут настраиваться как автоматически, через миссии, так и вручную под определенные операции. Синоптический дисплей является полезным дополнением к пульту управления, обеспечивающим оптимальными видами рабочих зон при выполнении операций, которыми не могут обеспечить внешние камеры.

EMMI представляет собой пульт управления, предназначенный для управления манипулятором ERA при ВКД. Рабочая панель EMMI состоит из тумблеров и информационных текстовых окон.

Внутренний и внешний пульта управления входят в состав регионального поста МЛМ.

Рассмотрим компоновку регионального поста МЛМ (рис. 12):

- мониторы ПУ БКУ;
- лэптоп SSC;
- лэптоп PC3 (удаленный терминал компьютера центрального поста служебного модуля);
- лэптоп PC МЛМ;
- прибор ВСБ-95
- прибор МПИ;
- внутренний пульт управления IMMI;



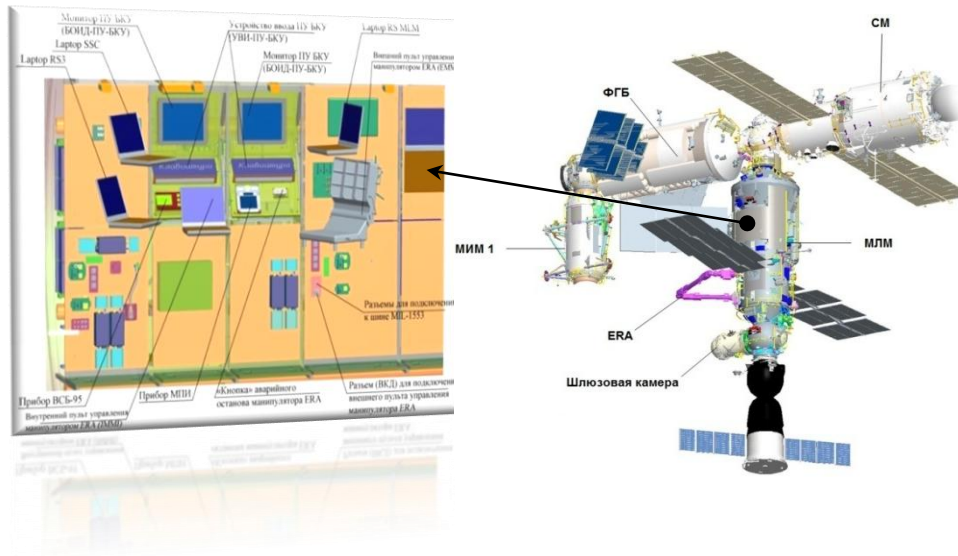


Рис. 12. Расположение и эргономическая компоновка регионального поста модуля МЛМ

- внешний пульт управления EMMI;
- кнопка аварийного останова ERA.

Мониторы ПУ БКУ предназначены для вывода видеоизображений, генерируемых камерами российского сегмента.

Лэптоп SSC выводит видеоизображения с камер, установленных на американском сегменте МКС.

Лэптоп РС3 содержит все программное обеспечение, необходимое для полного функционирования манипулятора.

Лэптоп РС МЛМ отображает рабочие параметры модуля МЛМ.

Прибор ВСБ-95 предназначен для обеспечения радиосвязи оператора РП МЛМ с космонавтом, выполняющим ВКД.

Прибор МПИ отображает наличие предупредительной информации по обогреву базовых точек и такелажных элементов ERA.

Внутренний пульт управления IMMI используется при штатном управлении манипулятора и служит устройством отображения основных параметров и состояний манипулятора ERA.

В комплект манипулятора ERA входят два внешних пульта управления: один расположен на внешней поверхности МЛМ, а второй входит в состав регионального поста как резервный пульт управления.

Кнопка аварийного останова предназначена для отключения питания всего манипулятора и перевода его в безопасное состояние при возникновении нештатной ситуации.

Подготовка космонавтов по европейскому манипулятору ERA проводится на специализированных тренажных средствах. Во время занятий космонавты обучаются управлению манипулятором в автоматическом, полуавтоматическом и руч-

ном режиме, отрабатывают типовые операции, оттачивают действия при возникновении НшС. Особое внимание космонавтов акцентируется на контроле за видами с внешних камер во время движения манипулятора, т.к. правильный и качественный мониторинг за работой манипулятора является крайне важным с точки зрения безопасности экипажа, целостности МКС и манипулятора.

На борту станции предусмотрена предварительная подготовка космонавтов к выполнению конкретных миссий, типовых операций и поддержке практических навыков. Можно назвать это репетицией перед реальной работой. Такие тренировки будут проводиться посредством бортового тренажера RTR (Refresher Training), который является дополнительным программным приложением, установленным на лэптопе внутреннего пульта управления ИММІ. Бортовой тренажер RTR представляет собой аналог внутреннего и внешнего пультов управления, на котором можно отработать все операции по управлению и мониторингу работы систем на обоих пультах управления. Недостатком этого тренажера, ввиду его программно-технических ограничений, являются усеченные функциональные возможности, т.е. бортовой тренажер не может обеспечить стопроцентное сходство отображения выполняемых процессов с процессами, проходящими во время реальной работы на внутреннем или внешнем пультах управления.

Одной из тем обсуждения между специалистами российской и европейской сторон как раз и стала проблема использования бортового тренажера в качестве тренажера поддержки навыков. Вопрос заключался в том, как проводить полноценные тренировки космонавтов на усеченном бортовом тренажере и при этом не прививать ложных навыков. Это является серьезной проблемой, т.к. космонавт не должен видеть того, что он не увидит при реальной работе, и наоборот. Выходом из данной ситуации стало создание перечня ограничений, связанных с бортовым тренажером при выполнении определенных процессов, и обращение внимания космонавтов на данные ограничения в определенных местах миссий или типовых операций. Бортовой тренажер RTR может быть использован для освежения в памяти космонавтов конфигураций манипулятора, занимаемых во время выполнения миссий, просмотра циклограммы выполнения миссий или работу с программным обеспечением пультов управления.

Сравнительная характеристика космических манипуляторов приведена в таблице.

В настоящее время развитие робототехнических систем идет невероятными темпами. Пилотируемая космонавтика также идет в шаг со временем, и уже сегодня роботы-манипуляторы несут службу человечеству в просторах космической вселенной. Космические манипуляторы, рассмотренные в этой статье, являются незаменимыми средствами транспортировки крупногабаритных модулей, космических кораблей и зачастую – средствами полной замены человеческого труда, механизированного за пределами стен Международной космической станции. В скором будущем их ряды пополнит еще один «новобранец» с интересным названием «ERA», как будто бы своим именем предвещающая начало новой эры в развитии робототехнических комплексов космонавтики мира.

Сравнительная характеристика манипуляторов

	<i>ERA</i> (Европа)	<i>MSS</i> (Канада)		<i>JEMRMS</i> (Япония)	
		<i>SSRMS</i>	<i>SPDM</i>	<i>MA</i>	<i>SFA</i>
Основные функции	Обслуживание РС, поддержка ВКД	Сборка МКС, обслуживание, поддержка ВКД	Обслуживание МКС, работа с полезной нагрузкой	Фиксация SFA, работа с полезной нагрузкой	Обслуживание, работа с полезной нагрузкой
Шарниры	7	7	15	6	6
Длина	11,3 м	17 м	3,5 м	10 м	2 м
Масса манипулятора	580 кг	1570 кг	–	–	–
Максимальная масса груза	8000 кг	116 000 кг	600 кг	7000 кг	80 кг
Максимальная скорость концевого эффектора	0,2 м/с	0,37 м/с	0,075 м/с	0,06 м/с	0,05 м/с
Пульты управления	Внешний – ЕММІ, внутренний – ІММІ	Внутренний – RWS		Внутренний – RMS Console	
Камеры	4	4	5	2	2
Транспортер	Нет	Подвижная платформа	Подвижная платформа	Нет	Нет
Назначение концевого эффектора	Захват / инструмент	Захват	Инструмент	Захват	Инструмент

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. Полухин. Учебное пособие по основам космической робототехники 2007. – С. 10–3, 10–8.
- [2] Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). Kibo Handbook 2007. – С. 54–58.
- [3] Н. Petersen. European Robotic Arm. Flight Operations Manual and Procedures. – 2013. – № 13. – С. 331–356.
- [4] Н. Petersen. European Robotic Arm. Flight Operations Manual and Procedures. – 2013. – № 13. – С. 217–219.
- [5] Н. Petersen. European Robotic Arm. Flight Operations Manual and Procedures. – 2013. – № 13. – С. 197–200.

# ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

## HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.786.2

### **ПОДГОТОВКА ПЕРВОГО ЭКИПАЖА ОРБИТАЛЬНОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ СТАНЦИИ КОМПЛЕКСА «АЛМАЗ» (К 40-ЛЕТИЮ ПОЛЕТА СТАНЦИИ «САЛЮТ-3»)**

Записки инструктора экипажа М.Л. Шугаева

М.Л. Шугаев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Представлен инженерно-исторический очерк этапов подготовки первого экипажа орбитальной пилотируемой станции военного назначения комплекса «Алмаз». Кратко описывается состав и назначение бортовых систем станции. Дается историческая справка о структуре 1-го управления Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина в 1971–1974 годах и подробное описание вклада конкретных специалистов в подготовку экипажей орбитальной пилотируемой станции (ОПС) «Алмаз».

**Ключевые слова:** ОПС «Алмаз», подготовка экипажа, тренажер «Иртыш», космический полет, бортовые системы, бортовая документация, наблюдение наземных объектов, фотографирование, обработка фотопленки, капсула специнформации.

#### **Training of the First Crew of Almaz Orbital Manned Station (40-Year Anniversary of the Flight of Salyut-3 Station).**

##### **Memoirs of M.L. Shugaev, a crew instructor**

The engineering-historical essay presents the stages of preparation of the first crew of Almaz military orbital manned station and describes shortly the content and designation of the onboard systems. Also, it gives a historical background of the organizational structure of the 1-st Department of the CTC in 1971–1974 and a detailed description of the specific contribution of various experts in the training of the Almaz OMS's crews.

**Keywords:** Almaz OMS, crew training, Irtysh simulator, a space flight, onboard systems, flight data file, observation of ground objects, photographing, film-processing, a return capsule with film.

Работы по созданию ОПС «Алмаз», с учетом эскизного проекта, начались еще в 1964 году. Генеральный конструктор ОКБ-52 (с 1966 года – ЦКБМ) Владимир Николаевич Челомей на совещании руководящих сотрудников предприятия предложил концепцию такой станции для решения оборонных, научных и народнохозяйственных задач. Предлагалось создать мощное средство космической разведки, намного превосходящее по возможностям все созданные к тому времени. Станция являлась составной частью комплекса «Алмаз», состоящего из ракеты-носителя «Протон», ОПС (изделие 11Ф71) и транспортного корабля снабжения (ТКС) (изделие 11Ф72) с возвращаемым аппаратом для космонавтов (ВА) (изделие 11Ф74).

ОПС представляла собой герметичный корпус длиной 11,6 м и массой 18,9 т (рис. 1). Внутренний объем станции составлял около 90 м<sup>3</sup>. Герметичный отсек конструктивно делился на две части, которые можно условно назвать зонами ма-

лого и большого диаметров. Зона малого диаметра (2.9 м) располагалась в передней части ОПС и закрывалась при выведении коническим головным обтекателем.

Иллюминаторы и часть приборов вне герметичного отсека прикрывались локальными крышками. Далее шел конический переходник и начиналась зона большого диаметра (4.1 м). Внутренний герметичный объем ОПС состоял из бытового отсека (БО), рабочего отсека (РО), предшлюзового отсека (ПШО) и шлюзовой камеры (ШК). Шлюзовая камера имела сферическую форму и жестко соединялась с рабочим отсеком через герметичный переходной люк. Снаружи на торце ШК был пассивный стыковочный узел типа «Конус» с люком-лазом для перехода космонавтов из транспортного корабля «Союз» в ОПС. В верхней части ШК был люк для выхода космонавтов в открытый космос (фактически ни на одном «Алмазе» он не использовался). В нижней части ШК располагалась пусковая камера капсулы специнформации (КСИ), предназначенной для доставки на Землю кассет с фотопленкой и других материалов с результатами научных исследований и экспериментов. В каждом отсеке имелись свои пульты и органы ручного управления.

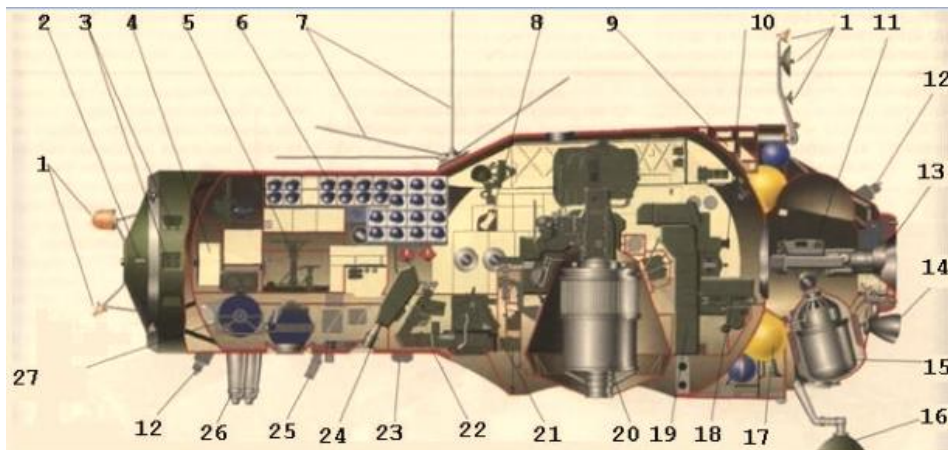


Рис. 1. Конструкция ОПС «Алмаз»

(1 – антенны системы стыковки «Игла»; 2 – датчики солнечной ориентации; 3 – двигатели стабилизации; 4 – вакуумная емкость «Ветер»; 5 – массметр; 6 – запасы воды «Колос»; 7 – антенны системы связи «Аврора»; 8 – звездный фотоаппарат СА-33Р; 9 – научная аппаратура; 10 – регенерационные патроны; 11 – манипулятор для обслуживания капсулы специнформации (КСИ); 12 – передатчик системы ручной стыковки; 13 – стыковочный узел; 14 – двигатель коррекции; 15 – пусковая камера КСИ; 16 – антенна передачи информации «Бирюза»; 17 – топливные баки; 18 – комплексный физтренажер (КТФ); 19 – фототелевизионная система «Печора»; 20 – длиннофокусный фотоаппарат «Агат»; 21 – топографический фотоаппарат СА-34Р; 22 – оптический визир ОД-4; 23 – угловой лазерный отражатель; 24 – панорамное обзорное устройство ПОУ-М; 25 – телекамера; 26 – датчик ИКВ (инфракрасной вертикали); 27 – электромеханическая система стабилизации и поворота)

БО предназначен для отдыха и сна космонавтов, приема пищи, хранения расходных материалов, запасного оборудования, медицинских упаковок, рационов питания, запасов питьевой воды. Здесь космонавты проводили профилактические мероприятия, медицинские исследования и эксперименты. По левому борту рас-

полагались: задний лежак с откидным сидением (он же – спальное место одного из космонавтов), стол с подогревателями пищи и воды, пульт ПБО (рис. 2), кресло космонавтов, емкости с водой и встроенные контейнеры с продуктами питания, аптечка с медикаментами. По правому борту – шкафы с медицинским оборудованием, комплектами белья, предметами быта и личными вещами космонавтов всех экспедиций, магнитофон с фонотекой, радиоприемник, бытовой пылесос «Ракета». На переднем днище БО располагалось спальное место другого космонавта. В БО имелись два иллюминатора, телевизионная камера, светильники, вентиляторы. Все телерепортажи проводили из БО. В состав медицинского оборудования входила аппаратура: «Зета», «Полином-2М», «Левкой-2», «Резеда-5», «Импульс-2», «Пальма-2М», «Бипризма МБГ-1», динамограф ДП-3, сфигмоманометр, вакуумная емкость ВЕ-2 и др.



Рис. 2. Пульт бытового отсека (ПБО)

В левой задней части рабочего отсека располагалась зона личной гигиены: туалет АСУ с пультом ПАУ-1, укладки с полотенцами и салфетками, зеркало, бритвенные приборы, светильник, локальные вентиляторы. Там же располагался физический тренажер КТФ с беговой дорожкой.

В правой задней части рабочего отсека, который условно называли предшлюзовым, располагался ППШО (рис. 3) и органы управления системой наддува и разгерметизации (СНиР).

Система индикации, сигнализации и органов ручного управления (СИС и ОРУ) центрального поста рабочего отсека (рис. 4) была представлена пультами: ПСР – пульт связи, КСУ – командно-сигнальное устройство, ППР – пульт пилота, ПОР – пульт оператора, ПФТ – пульт фототелевизионной аппаратуры, РУП – ручка управления, Щ-1, Щ-2, Щ-3 – щитки управления освещением. Здесь же располагались органы управления и средства отображения информации специальной аппаратуры (ОД-4, ПОУ, ПКО).

С помощью КСУ обеспечивается выдача 16 x 12 x 2 команд управления и контроль состояния 16 x 16 агрегатов. Дешифрация команд обеспечивается с помощью ажурного 16-гранного барабана.





Рис. 3. Пульт предшлюзового отсека (ППШО)

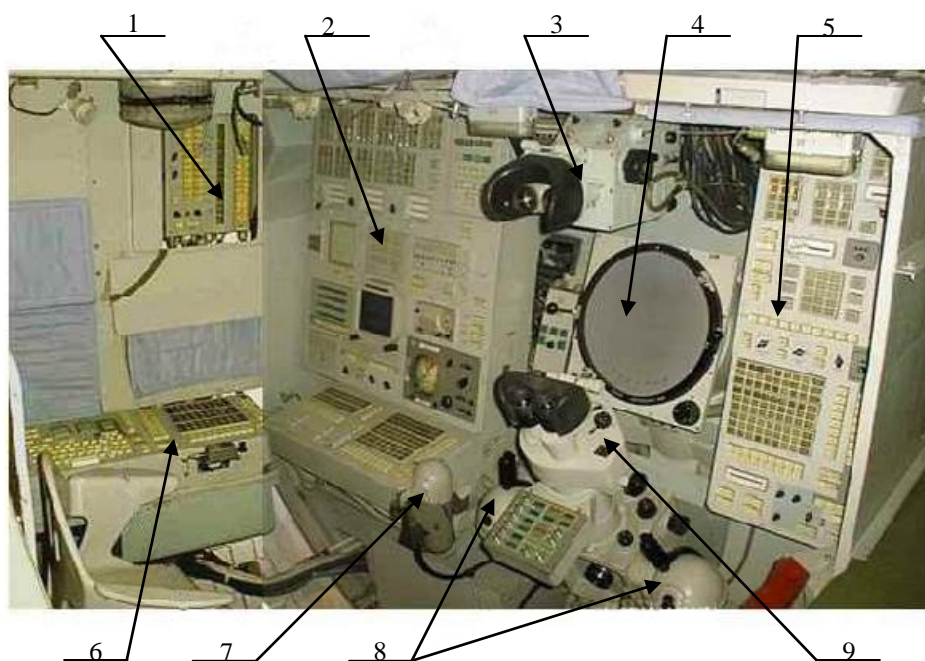


Рис. 4. Пульты центрального поста управления ОПС  
 (1 – КСУ; 2 – ППР; 3 – визир ПКО; 4 – экран ПОУ; 5 – ПФТ; 6 – ПСР; 7 – РУП;  
 8 – ручки управления ОД-4; 9 – визир ОД-4)

В состав ППП входят:

1. Командно-сигнальные поля (КСП) с развернутым информационным полем и матричным способом управления системами объекта. КСП предназначены для выдачи разовых команд на агрегаты избираемых для управления систем.

2. БКП – блок вызова аналоговых параметров на видеоконтрольное устройство (ВКУ).

3. ВКУ – телевизионного типа на основе ЭЛТ с накладным шкальным устройством (ШУ). ШУ – это многослойное устройство с подсветкой в торцах каждого слоя. Каждый слой представляет собой набор шкал индикации параметров.

4. Электролюминесцентный цифровой индикатор уровня топлива (горючего и окислителя) двигательной установки ОПС.

5. Четырехшкальный газоразрядный блок индикации параметров (БИП).

6. Электролюминесцентный цифровой индикатор контроля углов разворота станции.

7. Электролюминесцентный мнемоиндикатор работы двигателей ориентации и направления вращения станции.

8. Индикаторы трехшкальные со световым отсчетом. Предназначены для отображения главных параметров системы энергоснабжения: тока и напряжения солнечных батарей, а также выходных параметров вторичных источников питания бортовой системы управления (ПТС-500 и ПТС-1000).

9. Табло сигнальные электролюминесцентные системы аварийно-предупредительной звуковой и световой сигнализации. Представляют собой типовые по конструкции блоки сигнализаторов размером 3 x 5 ячеек.

10. Пульт управления бортовой информационно-поисковой системы (БИПС).

11. Индикатор электролюминесцентный цифровой кодовых сообщений.

12. Индикатор электролюминесцентный цифровой контроля ввода уставок.

13. Бортовые часы космические с секундомером и будильником.

14. Индикатор навигационный космический с качественным и количественным способами представления местоположения станции по долготе и широте. На карте указано местоположение НИПов (наземные измерительные пункты). На остеклении по центру нанесены круги зон радиовидимости этих НИПов. Имеется счетчик оборотов вокруг Земли и задатчики наклона орбиты и периода обращения.

Некоторые из перечисленных приборов входили в состав остальных пультов ОПС.

Кстати, изготовление, поставку и ввод в эксплуатацию систем отображения информации всех составных частей комплекса «Алмаз» и тренажеров ТДК-Ф71, ТДК-Ф72, ТДК-Ф73 для подготовки космонавтов в ЦПК им. Ю.А. Гагарина обеспечило СОКБ ЛИИ, главный конструктор С.Г. Даревский.

Аппаратура связи «Аврора» обеспечивала ведение двухсторонней связи с пульта ПСР по КВ- и УКВ-каналам в режимах частотной (ЧМ) и амплитудной (АМ) модуляции. Информация записывалась на 2 магнитофона и сбрасывалась в зонах связи на наземный приемный пункт. Для АМ можно было использовать ключ Морзе или телеграфную клавиатуру. На каждом пульте станции имелись абонентские щитки, позволяющие вести связь с Землей или внутрикорабельные переговоры.

Телевизионная система «Альбатрос» состояла из четырех телекамер внутри гермоотсека ОПС и двух телекамер на внешней поверхности станции. Внешние камеры позволяли контролировать механизмы управления створками ИКВ, радиовысотомер «Изумруд», левую и правую плоскости солнечных батарей. Внутренние камеры располагались в БО, на потолке РО в районе центрального поста



управления, в правом коридоре и в шлюзовой камере. Управление камерами осуществлялось с КСУ.

Двигательная установка (ДУ) станции имела вытеснительную систему подачи топлива (азотная кислота и несимметричный диметилгидразин) и состояла из сферических топливных баков, шар-баллонов с газом наддува, двух жидкостно-реактивных двигателей (ЖРД) коррекции тягой по 400 кгс, 16 ЖРД жесткой стабилизации по 20 кгс, 12 ЖРД мягкой стабилизации по 1.2 кгс и четырех ЖРД коррекции по 40 кгс. Агрегаты ДУ, за исключением ЖРД стабилизации, устанавливались в кормовой части станции. Двигатели системы стабилизации стояли на переходном отсеке в носовой части ОПС.

Агрегаты ДУ размещались вокруг шлюзовой камеры. Здесь же находились раскрывающиеся антенны связи с Землей, антенна системы сближения «Игла», а также две большие панели солнечных батарей (СБ). Перед стартом СБ складывались по бокам шлюзовой камеры «гармошкой». Хвостовая часть станции закрывалась конусообразным щитом из экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ).

Отличительной особенностью ОПС явилась совершенная бортовая система управления (БСУ), включавшая системы ориентации и стабилизации на ЖРД и электромеханических приводах. БСУ обеспечивала управление станцией во всех режимах полета и имела уникальные характеристики точности стабилизации.

На ОПС «Алмаз» впервые была применена электромеханическая система стабилизации и поворота (ЭМСС и ЭМСП), обеспечивающая точность стабилизации по трем осям в 4÷6 угловых минут. В качестве исполнительных органов использовались шаровой электродвигатель в трехосном электромагнитном подвесе и массивный кольцевой маховик по периметру малого диаметра станции. При работе они сильно шумели и создавали дискомфорт экипажу, но уменьшали расход топлива ЖРД в системе ориентации до 10÷15 г/виток.

ПТКРЛ «Графит» работала с наземным комплексом «Подснежник» и обеспечивала:

- прием и реализацию 120 разовых команд (РК);
- прием и обработку суточной программы с объемом 102 слова;
- траекторные измерения и сверку бортового времени с наземным.

В состав ПТКРЛ входили:

- 3 малогабаритных передающих устройства (МПУО);
- 3 программно-управляемых цифровых устройства (ПУЦЛУ);
- устройство поиска и устранения неисправностей (УПУН);
- кодирующие устройства, дешифраторы, размножители разовых команд и другие устройства.

Ручное управление «Графитом» экипаж осуществлял с КСУ.

СНиР предназначалась для поддержания давления в станции в пределах 885÷700 мм рт.ст. При допустимой негерметичности орбитального блока обеспечивалась компенсация утечек в течение 95 суток полета. Запасы воздуха СНиР обеспечивали 3-кратное заполнение ШК и пусковой камеры КСИ.

СТР станции обеспечивала комфортную температуру и влажность воздуха для экипажа и бортовых систем. При этом необходимо было «снимать»: 860 ккал/час – от аппаратуры, 240 ккал/час от экипажа, 260 ккал/час от бортовых химических батарей, а также другие тепловые нагрузки. Для этого в составе СТР имелись наружные контуры теплообмена, работавшие на полиметилсилоксановой жидкости (ПМС 1,5) и внутренние контуры, работавшие на антифризе.

Для охлаждения и осушки воздуха использовались холодильно-сушильные аппараты (ХСА). Для перемешивания воздуха и устранения «застойных» зон на станции имелись 25 локальных вентиляторов. Некоторые из них были недоступны для экипажа, а многие приходилось систематически чистить с помощью пылесоса.

В состав систем обеспечения жизнедеятельности экипажа входили:

- СОГС – система обеспечения газового состава, которая контролировала парциальное давление компонентов газовой смеси в станции и выдавала их значения на приборы БИП. При выходе этих значений за допустимые пределы на пультах загорался транспарант ЦО (центральный огонь) и включалась сирена (прибор звуковой сигнализации);

- СВО «Прибой-101» – система очистки и регенерации воды из конденсата;

- АСУ – ассенизационно-санитарное устройство (туалет для экипажа);

- средства обнаружения и тушения пожара.

Электропитание бортовых систем осуществлялось системой СЭП, которая обеспечивала потребителей электроэнергии на всех этапах полета ОПС с момента перехода на бортовое питание. СЭП состояла из двух солнечных батарей (СБ) с фотоэлементами и 27 буферных химических батарей (БХБ) НКГ-100СА. СБ состояли из двух панелей общей площадью 68,5 м<sup>2</sup> и максимальной мощностью 3850 Вт. Для ориентации на Солнце СБ можно было поворачивать с помощью электропривода на углы ±23,5° или вручную на углы ±28,5°.

Таково краткое и весьма поверхностное описание бортовых систем ОПС «Алмаз».

В августе 1971 года в ЦПК прибыли новые специалисты – выпускники академии им. Н.Е. Жуковского и КВИАВУ ВВС (специально для 1-го отделения 2-го отдела 1-го управления): майор В.С. Аверьянов, капитан А.Г. Дьяченко, капитан М.Л. Шугаев, лейтенанты В.В. Волошин и И.Г. Федоренко. Им предстояло стать инструкторами экипажей ОПС «Алмаз».

В это время в Звездном городке шло интенсивное строительство служебных корпусов и зданий жилого фонда. Заканчивалось строительство тренажерного корпуса для 2-го управления. Был открыт памятник Ю.А. Гагарину в Звездном городке. Авторы памятника: скульптор Б. Дюжев, архитектор А. Заварзин. Только что был сдан жилой дом № 20. Облагораживалась жилая зона. Первое озеро было вычищено, сформирован специальный водоем для нереста рыбы, установлен красивый мостик. Работал специальный земснаряд для очистки и углубления дна. Раньше на этом месте было болото. Весь личный состав ЦПК принимал активное участие в очистке территории строительства служебной зоны и Звездного городка.

Нам с А.Г. Дьяченко очень повезло – через 2 месяца мы получили квартиры. Это было неопишное счастье – впервые за 15 лет службы получить свое, отдельное, отличное жилье, да еще в таком знаменитом на весь мир месте. В.С. Аверьянову в этом плане повезло меньше, он прибыл на неделю позже нас и не вошел в списки на жилье, пришлось ждать почти 2 года. Молодые офицеры В. Волошин и И. Федоренко были холостяками. Ивана Федоренко, поскольку он получил особую специализацию в училище, вскоре перевели в 3-е отделение к Г.М. Колесникову.

В работу окунулись все, сразу и, как говорится, «по уши». Главная задача – ввод в строй, т.е. глубокое изучение новой для нас техники, освоение новых взаи-

моотношений как внутри своего коллектива, так и на предприятиях промышленности.

Начальником нашего 1-го отделения был капитан А.Г. Крамаренко. В 1971 году он учился на заочном отделении МВТУ им. Н.Э. Баумана, которое с отличием окончил в июне 1973 года по специальности «Системы автоматического управления» и получил квалификацию «инженер-электромеханик».

Нас распределили к опытным ведущим инженерам по подготовке космонавтов М.С. Ткачуку и В.Р. Горбунову, которые проходили службу в ЦПК с 1968 года. Работа осложнялась тем, что технической документации было мало, бортовые системы ОПС постоянно дорабатывались, а, кроме того, вся литература по нашей тематике носила закрытый характер. Регулярные поездки в ЦКБМ (г. Реутов) для изучения систем «Алмаза» по документации разработчика стали для нас обычными. Мы подружились с инженерами отдела, который занимался испытаниями бортовых систем, разработкой комплексного тренажера для ЦПК и бортовой документации ОПС «Алмаз». Руководил отделом Е.Д. Камень. Больше всего времени мы проводили в секторе Г.М. Нонешникова с его специалистами – разработчиками бортовой документации. Они нас называли «цпкашками», а мы их «реутянами». Зачастую, прочитав на фирме какой-то материал, держали его в голове, а у себя в отделе заносили в рабочие тетради.

6 сентября 1971 года вышло Постановление Комиссии при Совете министров и ЦК КПСС № 211 «О создании комплексного тренажера ТДК 11Ф71 и утверждении плана-графика создания специализированных тренажеров и функционально-моделирующих стендов для подготовки космонавтов комплекса «Алмаз».

Для подготовки этого Постановления подразделениями ЦПК была проведена огромная работа по обоснованию состава технических средств и сроков их поставки. Получены согласующие подписи руководителей предприятий-разработчиков и поставщиков аппаратуры. С этими документами мне неоднократно приходилось сопровождать начальника нашего 2-го отдела полковника, летчика-космонавта СССР Г.С. Шонина в поездках к заместителю главного конструктора ЦКБМ Я.И. Трегубу, заместителю генерального конструктора ЦКБМ В.Н. Бугайскому, к руководителям ряда других организаций. Как выразился Яков Исаевич Трегуб (имея в виду оснащение ЦПК техническими средствами): «Этот институт, он – голый!». И он был прав, во всяком случае, в отношении алмазной программы.

Начальником **1-го управления** в то время был летчик-космонавт СССР полковник А.А. Леонов. Его заместителем по подготовке космонавтов был летчик-космонавт СССР полковник П.Р. Попович, а заместителем по научной работе – полковник В.М. Румянцев. Заместителем по политической части был полковник Н.Ф. Никерясов. В состав 1-го управления тогда входили 7 отделов:

– **1-й отдел**, начальник отдела подполковник В.И. Гуляев, заместитель начальника отдела подполковник Н.П. Гладкий. Отдел занимался подготовкой космонавтов к полетам на кораблях типа «Союз» и станциях ДОС-17К.

– **2-й отдел**, начальник отдела летчик-космонавт СССР полковник Г.С. Шонин (с середины 1973 года летчик-космонавт СССР полковник Е.В. Хрунов), заместитель начальника отдела подполковник В.М. Щербаков. Отдел занимался подготовкой космонавтов к полетам на кораблях орбитального комплекса «Алмаз».

– **3-й отдел**, начальник отдела летчик-космонавт СССР полковник В.Ф. Быковский, заместитель начальника отдела полковник А.А. Воронин. Отдел

занимался лунной программой, но в тот период работы по этой программе сворачивались.

– **4-й отдел**, начальник отдела летчик-космонавт СССР полковник А.В. Филипченко, заместитель начальника отдела подполковник Л.Н. Соколов-Соколенок. Отдел занимался авиационно-космической системой (АКС «Спираль»). Специалисты отдела: В. Крашенинников, А. Хаустов. В 1973 году отдел был расформирован в связи с прекращением работ по проекту.

– **5-й отдел**, начальник отдела полковник А.Т. Митин, заместитель начальника отдела подполковник М.П. Кадушкин. Отдел занимался подготовкой космонавтов по бортовому вычислительному комплексу «Аргон», средствам навигации и ориентации, астрономии, картографии, теории полета. Специалисты отдела: В.А. Харченко, Н.Ф. Романтеев, Э.Г. Сидоренко, А.М. Марков, В.М. Кузьменко.

– **6-й отдел**, начальник отдела полковник А.А. Моисеенко, заместитель начальника отдела подполковник Ю.П. Никитин. Отдел занимался испытаниями космической техники в условиях невесомости (в том числе и по алмазной тематике). Объектами испытаний были скафандры, комплексный физтренажер с беговой дорожкой, летные костюмы космонавтов, эспандеры, система проявки пленки «Раккорд», различный инструмент, элементы интерьера станции. В полетах на летающей лаборатории (ЛЛ) Ту-104 участвовали инженеры-испытатели С.А. Киселев, П.А. Шарин, В.Г. Скачков, Н.А. Муляров, В.И. Товарушкин.

– **7-й отдел**, начальник отдела полковник И.П. Ващенко, заместитель начальника отдела подполковник В.А. Суханов. Отдел занимался подготовкой космонавтов по радиотехническим системам всех ПКА. Специалисты отдела: В.Т. Тетерский, А.Ф. Маленко, В.Н. Галкин, М.С. Демьяненко, В.Г. Плахотин, О.Г. Шепелев, С.В. Резников, В.Р. Лебедев, О.П. Эрденко.

В 1–4 отделах по штату были свои отряды космонавтов, правда, их состав постоянно менялся в зависимости от конкретной необходимости.

В работу по «алмазной» тематике были привлечены практически все подразделения ЦПК им. Ю.А. Гагарина в части их касающейся по тематической направленности.

Главным подразделением по подготовке экипажей ОПС «Алмаз» являлся 2-й отдел 1-го управления. Отдел состоял из отряда космонавтов и трех отделений.

**Отряд** был представлен только военными космонавтами: летчиками, штурманами, инженерами различных специальностей.

Летчики: летчик-космонавт СССР полковник В.В. Горбатко (командир отряда), майор В.Д. Зудов, майор В.С. Козельский, майор Г.В. Сарафанов, майор А.П. Федоров; на период подготовки к первому полету ОПС «Алмаз» были прикомандированы летчик-космонавт СССР полковник Б.В. Вольнов (командир отряда слушателей-космонавтов) и майор А.Н. Березовой. Летчик-космонавт СССР полковник П.Р. Попович совмещал подготовку к полету с работой на своей основной должности.

Штурманы: подполковник С.Н. Гайдуков, майор В.Т. Исаков.

Инженеры: полковник Л.С. Демин, подполковник В.М. Жолобов, подполковник М.И. Лисун, подполковник В.И. Рождественский, майор Э.Н. Степанов, майор Ю.Н. Глазков, майор Е.Н. Хлудеев, капитан В.Е. Преображенский, подполковник А.Н. Матинченко, капитан Н.Н. Фефелов; на период подготовки к первому полету ОПС «Алмаз» к отряду был прикомандирован подполковник Ю.П. Артюхин.



Космонавты «алмазного» отряда

Офицером по планированию Отряда космонавтов был майор Виктор Петрович Агулов – участник ВОВ, кавалер ордена «Слава». Врачом Отряда космонавтов был подполковник медицинской службы Иван Григорьевич Шитиков (по штату его должность числилась в 1-м отделении 2-го отдела).

Космонавты отряда были постоянно заняты: полеты, испытания аппаратуры и скафандров в условиях невесомости, исследования в барокамере и сурдокамере, медицинские исследования, занятия на базе разработчика космической техники, учебные занятия в классах и тренировки на тренажерах.

Расписание всех занятий для космонавтов алмазной программы составлял и вел майор В.А. Савич – специалист учебного отдела, руководимого полковником В.Е. Игнатьевым.

#### **1-е отделение (инженеры по подготовке космонавтов)**

Начальник отделения майор А.Я. Крамаренко. Космонавт набора 1965 года, в 1969 году был отчислен из отряда по состоянию здоровья.

*Основные направления деятельности отделения:*

- разработка методик и программ подготовки космонавтов на комплексных тренажерах;
- подготовка космонавтов на комплексных тренажерах и объектах разработчиков ОПС «Алмаз» и ТПК «Союз»;
- участие в испытаниях и доработках комплексных и специализированных тренажеров;
- участие в разработке бортовой документации и программы полета;

- участие в научных исследованиях по совершенствованию методик подготовки экипажей;
- участие в подготовке экипажей на стартовом комплексе;
- участие в управлении пилотируемых полетов ОПС «Алмаз»;
- участие в написании отчетов о подготовке экипажей и оценке их деятельности на борту в процессе летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) ОПС «Алмаз».

*Состав отделения:*

майор М.С. Ткачук – ведущий инженер по подготовке космонавтов (ОПС «Алмаз»);

помощники ведущего инженера по подготовке космонавтов – инструкторы экипажей: майор Л.П. Гнут, капитан А.Г. Дьяченко, капитан М.Л. Шугаев;

майор В.Р. Горбунов – ведущий инженер по подготовке космонавтов (ТПК «Союз», ТКС и ВА);

помощники ведущего инженера по подготовке космонавтов – инструкторы экипажей: майор Н.В. Джигирей, лейтенант В.В. Волошин;

майор В.С. Аверьянов – инструктор по стыковке ТПК «Союз» и ОПС;

майор В.П. Завальнюк – ведущий врач по подготовке космонавтов.

#### **2-е отделение (инженеры-испытатели бортовых систем)**

Начальник отделения полковник Н.А. Панюшин.

*Основные направления деятельности отделения:*

– разработка учебных пособий и конспектов лекций по бортовым системам ОПС «Алмаз»;

– проведение лекционных и практических занятий с космонавтами по бортовым системам ОПС «Алмаз»;

– участие в научных исследованиях по обоснованию учебно-тренировочной базы;

– участие в наземных испытаниях бортовых системам ОПС «Алмаз» на предприятиях промышленности;

– участие в разработке бортовой документации и инструкций по «обживанию» ОПС «Алмаз» экипажами на стартовом комплексе;

– участие в управлении пилотируемых полетов ОПС «Алмаз»;

– участие в написании отчетов о подготовке экипажей и оценке их деятельности на борту в процессе летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) ОПС «Алмаз».

*Состав отделения:*

подполковник А.В. Козлов – ведущий инженер-испытатель;

помощники ведущего инженера-испытателя: капитан А.Г. Ларин (конструкция и компоновка ОПС «Алмаз»), капитан В.Н. Зайцев (двигательная установка ОПС «Алмаз»);

подполковник А.Я. Бакуменко – ведущий инженер-испытатель систем жизнеобеспечения;

подполковник А.И. Кувшинский – ведущий инженер-испытатель (бортовая система управления ОПС «Алмаз»);

помощники ведущего инженера-испытателя: лейтенант В.Ф. Блохин, лейтенант В.А. Захаров, капитан В.С. Сердюк, лейтенант А.Н. Майсурадзе;

подполковник Г.Г. Бабин – ведущий инженер-испытатель по системе энергоснабжения (СЭП);

помощник ведущего инженера-испытателя капитан Ф.А. Нуретдинов;

майор В.Л. Симаев – ведущий инженер-испытатель по системе терморегулирования (СТР);

помощники ведущего инженера-испытателя: капитан А.В. Кирдань, капитан А.А. Сидоренко (в 1972 году был переведен в 1-е отделение инструктором экипажа, во 2-м отделении его сменил капитан В.И. Демидович).

### **3-е отделение (инженеры-испытатели специальных систем)**

Начальник отделения майор Г.М. Колесников. Кандидат технических наук, космонавт набора 1965 года, в 1967 году был отчислен из отряда по состоянию здоровья.

*Основные направления деятельности отделения:*

- участие в разработке специализированных тренажеров, стендов, пособий для подготовки космонавтов по тематике отделения;
- разработка учебных пособий и конспектов лекций;
- участие в научных исследованиях по обоснованию учебно-тренировочной базы;
- участие в подготовке экипажей на стартовом комплексе;
- участие в написании отчетов о подготовке экипажей и оценке их деятельности на борту в процессе лётно-конструкторских испытаний (ЛКИ) ОПС «Алмаз».

*Состав отделения:*

подполковник В.Т. Матухно – ведущий инженер-испытатель;  
помощники ведущего инженера-испытателя: майор В.И. Бутаков, капитан Ю.А. Соколов, лейтенант Я.Э. Савка;

подполковник В.П. Суворов – ведущий инженер-испытатель;  
помощники ведущего инженера-испытателя: майор В.И. Ситников, капитан Н.И. Толкачев, лейтенант И.Г. Федоренко;

подполковник В.П. Фадеев – ведущий инженер-испытатель;  
помощники ведущего инженера-испытателя: майор А.Н. Мямин, капитан В.П. Гусев (КСИ);

капитан А.Н. Свирский – помощник ведущего инженера-испытателя (визуально-инструментальные наблюдения);

капитан А.И. Мокрушин и лейтенант И.Т. Зорин – техники по обслуживанию и эксплуатации учебно-тренировочной аппаратуры;

В ноябре 1971 года приказом по ЦПК были сформированы условные экипажи космонавтов группы «Алмаз» для отработки на тренажерах «ГДК-7К», «Енисей», «Волга» операций на этапах выведения, орбитального полета, стыковки с ОПС «Алмаз» и спуска с орбиты. В состав условных экипажей вошли космонавты: Попович–Демин, Горбатко–Жолобов, Волынов–Хлудеев, Федоров–Артюхин, Сарафанов–Степанов. Инструкторами условных экипажей по ТПК «Союз» были специалисты 1-го отделения: В.Р. Горбунов, Н.В. Джигирей, Л.П. Гнут.

Условные экипажи вместе с остальной группой алмазного отряда приступили к плановому изучению бортовых систем ОПС «Алмаз» – это был этап технической подготовки. Силами специалистов 2-го отдела проводились занятия по конструкции и компоновке ОПС, по бортовой системе управления, системе электропитания, системе индикации, сигнализации и органам ручного управления, системе терморегулирования, двигательной установке.

Необходимо отметить работу наших специалистов, которые в условиях острого дефицита информации от разработчиков умудрялись выпускать очень нужные и понятные учебные пособия по различным системам ОПС. Были разработаны прекрасные логические схемы работы отдельных систем и оборудования. Осо-

бенно хочется отметить энтузиазм группы специалистов по системе управления: А.И. Кувшинского, В.А. Захарова и В.Ф. Блохина. Они даже изобрели новый термин: «логический диод», с помощью которого облегчалось понимание принципов работы сложнейших электрических схем и алгоритмов работы всего комплекса управления станцией. Прекрасные схемы, иллюстрирующие работу автоматики СТР создал А.В. Кирдань. А.А. Сидоренко умудрялся быть постоянно в курсе самых последних данных в условиях постоянно меняющихся надписей и смысловых нагрузок транспарантов и клавиш пультов управления станции. Это было очень важно, особенно для инструкторов, которые постоянно контактировали с экипажами и должны были быть в курсе самых последних изменений. А.Г. Ларин – очень эрудированный во многих областях науки и техники инженер, прекрасный знаток Москвы и ее истории, отменный рассказчик – всегда вызывал интерес и удовольствие слушателей своими лекциями и консультациями по конструкции и компоновке ОПС. Выпустил несколько учебных пособий, разработал «Методические указания по проведению работ экипажа на ТП в период обживания ОПС».

Занятия проходили в учебных классах корпуса № 7 (над летной столовой).

По системе радиосвязи «Аврора» лекционные и практические занятия проводили специалисты 7-го отдела В.Т. Тетерский, А.Ф. Маленко, М.С. Демьяненко. По бортовой телевизионной системе «Альбатрос» – В.Н. Галкин. По программно-траекторной командной радиолинии ПТКРЛ «Графит» – В.Г. Плахотин и С.В. Резников. По радиотехнической системе стыковки «Игла» – Шепелев О.Г. От правильности работы «Иглы» зависело очень многое. Экипажи Сарафанов–Демин и Зудов–Рождественский не попали на станцию по причине отказа этой системы. По системе бортовых измерений – В.Р. Лебедев. Бортовой звукозаписывающей аппаратурой занимался О.П. Эрденко.

Подготовку космонавтов по системам жизнеобеспечения проводили специалисты отдела полковника В.П. Зинченко. Навыки эксплуатации систем СОГС, СВО, АСУ, средств обнаружения и подавления очагов пожара на борту ОПС (датчиков дыма, изолирующих противогазов для защиты органов зрения и дыхания при пожаре и разгерметизации, огнетушителей) отрабатывались на учебных стендах и действующих макетах. Занятия проводили специалисты: Ю.П. Клементьев, А.В. Кутепов, Б.И. Крючков. Занятия и тренировки по эксплуатации спасательного скафандра проводили: И.Я. Новохатский, В.Г. Бессмертный и В.С. Счастный.

Научные эксперименты в интересах Академии наук СССР курировал В.А. Краснов – специалист из отделения подполковника В.В. Бакуменко.

Все занятия по эксплуатации аппаратуры медицинского контроля, научных медицинских исследований и экспериментов проводил Б.С. Шавелев, а по методам их применения – Л.И. Воронин, он же обучал космонавтов пользованию бортовыми средствами личной гигиены, лекарствами, а также упражнениям на комплексном физтренажере (КТФ). Вопросами рационов бортового питания занимался Н.Д. Радченко. Кстати, в то время впервые появились сублимированные продукты – это запаянные герметично в специальные пакеты различные пюре. Для их использования экипажу нужно было вскрыть специальную трубку, налить горячей воды, немного взболтать и кушать.

Фотокиноподготовку с космонавтами проводили А.И. Заяц и В.А. Матвеев.

19 января 1972 года на служебной территории состоялась церемония закладки первого блока в фундамент лабораторно-учебного корпуса (ЛУК), где предполагалось разместить руководство 1-го управления, отряд космонавтов, отделы 1-го



управления, лаборатории, учебные стенды, оборудование и макеты систем пилотируемых космических аппаратов. Был митинг, выступали руководители и сотрудники ЦПК. Под первый блок фундамента заложили специальную капсулу с посланием для потомков, а летчик-космонавт СССР полковник А.А. Леонов положил несколько юбилейных монет, только что выпущенных в обращение. Алексей Архипович Леонов уделял большое внимание развитию лабораторно-тренажной базы ЦПК и жилой зоны Звездного городка.

27 февраля 1972 года начальником ЦПК был назначен Георгий Тимофеевич Береговой – дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, генерал-майор авиации. Это был умелый организатор и воспитатель, человек, умудренный большим жизненным и профессиональным опытом. Он очень любил Звездный городок и приложил все свои прекрасные качества и возможности для его становления и развития.

В апреле 1972 года весь коллектив ЦПК, почти все жители Звездного городка приняли участие в создании зоны отдыха в районе наших озер. Была проведена большая подготовительная работа. Договорились с руководителями Щелковского района о выделении нам участка целины для нарезания дерна, были созданы специальные бригады «резчиков», перевозчиков, укладчиков, заготовщиков колышков для его крепления на склонах берега. Каждому подразделению был выделен свой участок. Работники политотдела тут же организовали соревнование между бригадами за звание «лучший участок». Через мегафоны оповещался ход работ: сколько заготовлено колышков, какая бригада впереди по укладке, сколько процентов берега одета дерном. Было очень весело! Все мы, участники этих работ, до сих пор гордимся нашими озерами.

Комендантом гарнизона «Звездный» в те времена был подполковник Астафуров Борис Петрович. Очень строгий и справедливый человек. Не только военные, но даже и гражданские жители немного побаивались его. Благодаря усилиям и педантичности этого человека на территории Звездного городка всегда поддерживался образцовый порядок.

1 августа 1972 года в три часа ночи корпус будущего тренажера ОПС «Алмаз» был доставлен в ЦПК с завода им. М.В. Хруничева. Специалисты 2-го управления практически вручную установили его в большом зале левого крыла корпуса Т. Началось оснащение тренажера ТДК 11Ф71 «Иртыш» штатными приборами, габаритно-весовыми моделями некоторого оборудования, имитаторами. Монтировался главный пульт инструктора, в специальных помещениях устанавливалось оборудование вычислительного комплекса, состоящего из двух аналоговых вычислительных машин МН-14 и специальных вычислительных стоек. В создании этого уникального тренажера принимали участие специалисты ЦКБМ (г. Реутов) под руководством Э.Е. Жернова, специалисты СОКБ ЛИИ (главный конструктор С.Г. Даревский) под руководством С.М. Моржина, изготовители главного пульта инструктора из г. Рыбинск. Организацией всех работ по тренажеру «Иртыш» занимался отдел полковника Г.М. Жегунова. Начальником тренажера был назначен подполковник В.И. Рышков.

Специалистам тренажера «Иртыш» необходимо было осваивать не только системы самого тренажера, но и знать оборудование ОПС «Алмаз». Для этого они посещали занятия, которые проводились с космонавтами, а также регулярно общались с разработчиками систем станции в ЦКБМ. В процессе монтажа и наладки тренажера необходимо было решать множество чисто организационных вопросов.

В сентябре 1972 года начались наземные испытания систем терморегулирования и жизнеобеспечения станции «Алмаз». В испытаниях на макете станции (изд. 11Ф71 04) принимали участие два условных экипажа из ЦПК: Ю. Глазков–Е. Хлудеев, М. Лисун–В. Преображенский и дублер Н. Фелелов.

Организация этих испытаний и их обеспечение осуществлялись специалистами ЦКБМ и ГОСНИИ авиационной и космической медицины Министерства обороны. Перед началом работы инженеры-испытатели и методисты ЦПК проверили состояние бортовых систем объекта испытаний. Большую работу в этот период выполняли наши специалисты по СЖО и СТР: Ю.П. Клеменьев, А.В. Кутепов, Б.И. Крючков, А.В. Кирдань. А также специалисты–медики: В.П. Завальнюк, В.С. Мищенко, Р.Б. Богдашевский, Н.Д. Радченко и др.



Специалисты, инженеры-испытатели тренажера «Иртыш». Справа налево: В.И. Барышников, Е.М. Серкин, В.И. Рышков, И.Ф. Алушкин, Г.В. Самарская, В.А. Загайнов, А.В. Лучко, В.Д. Самородов, В.И. Виноградов, В.А. Челябинов. Специалисты тренажера Н.Я. Щербаков, К.С. Лункин, В.С. Лесников на этом фото не представлены

В процессе самих испытаний инструкторы-методисты систематически принимали участие в работе дежурных смен при проведении сеансов связи для сбора и обобщения замечаний и предложений экипажей испытателей.

В качестве примера можно привести несколько замечаний и предложений экипажей испытателей:

- из-за отсутствия средств фиксации неудобно надевать тренировочный костюм, предлагается установить поручень на полу по правому борту;
- переделать конструкцию кресла пилота в рабочем отсеке, перевести на поступательное движение по специальному рельсу;
- установить средства фиксации на полу около АСУ;
- нет средств фиксации снятых для замены бачков АСУ, предлагается использование ворсовой молнии;
- сделать понятным управление локальными вентиляторами, для чего разработать специальную мнемосхему;

- кронштейн крепления блоков поглотителей CO<sub>2</sub> мешает при работе с кассетами «Агата»;
- светильники над пультом рабочего отсека ослепляют, предлагается закрыть их защитными козырьками;
- кнопки выдачи команд на КСП ППР желательно компоновать на линейках по принадлежности к конкретным системам;
- не определены места хранения костюмов ТНК и эспандеров;
- на пульте управления тренажера КТФ необходимы часы;
- необходимо срезать угол второго лежака, чтобы освободить проход;
- принять меры для снижения уровня шума в БО;
- на блоке личной гигиены в районе АСУ нет стопоров замков внешней крышки;
- доработать костюм ТНК-2 застежкой «молния» для облегчения надевания и снятия его;
- от шкафа НМБО до следующего шпангоута установить поручень на высоте 700 мм от пола;
- конструкция ложки и вилки неудобная, желательно, чтобы они были раздельные;
- электрический подогреватель пищи не рассчитан на подогрев мясных консервов;
- желательно иметь салфетки, пропитанные дезинфицирующим раствором для обработки мелких ран;
- на столе БО предусмотреть места фиксации для укладок «Полинома», кроме того, необходимо закрепить металлическую оплетку трубок на манжете, а для вентиля пневмоблока сделать специальную прорезь;
- ручки потенциометров «Полинома» туго вращаются;
- в БО необходим абонентский щиток связи в районе работы с аппаратурой «Полином»;
- в укладке № 3 «Полинома» необходимо иметь датчик ККГ и электроды ЭКГ;
- на откидной полке шкафа БО предусмотреть место для фиксации мешка для отходов;
- на панели блока регенераторов со стороны БО необходимо организовать место для проведения функционально-физиологических проб совместно с «Полиномом»;
- на приборах НМБО необходимо наклеить краткую инструкцию по применению и последовательность включения приборов;
- на корпусе «Печоры» сверху установить резинку для крепления кассеты «Агата» при снятии.

Необходимо отметить, что специалисты ЦКБМ безропотно и даже с благодарностью принимали все пожелания космонавтов и учитывали их при разработке аппаратуры и интерьера станции.

В сентябре 1972 года вышел приказ по ЦПК о начале непосредственной подготовки экипажей к первому полету на ОПС «Алмаз». Окончательно были утверждены составы экипажей и инструкторов. Всего было сформировано 4 экипажа. Основной экипаж – П.Р. Попович–Ю.П. Артюхин (инструкторы В.Р. Горбунов, М.Л. Шугаев) и дублирующий экипаж – Б.В. Волинов–В.М. Жолобов (инструкторы Н.В. Джигирей, М.С. Ткачук, А.А. Сидоренко). Два резервных экипажа –

Г.В. Сарафанов–Л.С. Демин (инструкторы Н.В. Джигирей, А.Г. Дьяченко) и В.Д. Зудов–В.И. Рождественский (инструкторы В.В. Волошин, Л.П. Гнут).

В этот период очень важно было получить бортовую документацию, без которой проводить тренировки экипажей на комплексном тренажере было невозможно. Но бортовой документации еще не было. В ЦКБМ отдел Е.Д. Каменя, а именно – инженеры сектора Г.М. Нонешникова: Г.Г. Семенова, В.С. Блинов, А.А. Гречаник, Г.А. Лазарева, В.Г. Макрушин, В. Киселев, С.А. Гребнев, Р.Ф. Леонова и др. прилагали героические усилия для скорейшего выпуска предварительного варианта БД. Мы, специалисты ЦПК (инструкторы экипажей и инженеры-испытатели), приняли самое активное участие в этой работе. Дело в том, что «реутяне» не имели опыта в написании БД, а у некоторых наших специалистов – В.Р. Горбунова, Л.П. Гнута, Н.В. Джигирея – был опыт работы с документацией по транспортному кораблю «Союз». Отдельные разделы книг БД были написаны нашими специалистами (М.С. Ткачук, Л.П. Гнут, М.Л. Шугаев, А.Г. Дьяченко, В.А. Захаров, В.Ф. Блохин, А.В. Кирдань). Конечно, эти материалы носили сугубо рекомендательный характер, но инженеры ЦКБМ принимали их с благодарностью. Иногда возникали творческие споры по некоторым вопросам, тогда приходилось обращаться в отделы разработчиков бортовых систем.



Экипажи ОПС «Алмаз».

Слева направо: Б.В. Волюнов, В.Д. Зудов, В.И. Рождественский, В.М. Жолобов, П.Р. Попович, Г.В. Сарафанов, Ю.П. Артюхин, Л.С. Демин

На первом этапе согласовали БД, состоящую из шести книг:

- бортовой журнал командира ОПС;
- бортовая инструкция по управлению и эксплуатации бортовых систем ОПС (часть 1);
- бортовая инструкция по управлению и эксплуатации бортовых систем ОПС (часть 2);

– бортовая инструкция по действиям экипажа в нештатных и аварийных ситуациях;

– бортовой журнал проведения научных экспериментов.

В ЦПК полным ходом шли занятия с космонавтами по изучению бортовых систем ОПС и подготовка к предстоящим экзаменам. Во время занятий П.Р. Попович неоднократно говорил мне: «Михайло! Записывай внимательней и запоминай все! Потом будешь нам с Юрой рассказывать еще раз». Павел Романович называл меня «Михайло Ломоносов», так ему почему-то нравилось. Я, конечно, был весь в напряжении и чувствовал моральную ответственность за их подготовку к экзаменам, поскольку это был мой первый экипаж, да и сам я был новичком в этом грандиозном деле.

Иногда нам выделяли время (как правило, ночные часы) для подготовки экипажей в ЦКБМ на технологическом изделии ОПС «Алмаз». На этой машине разработчики проводили электрические испытания, примерки и отладку всех бортовых систем.

В 20-х числах ноября 1972 года мы знакомили экипажи с тренажером «Иртыш». Всем очень понравилось, особенно пульт инструктора, который занимал 3 метра в ширину и 2 метра в высоту. Все это сооружение было заполнено экранами ВКУ, полями кнопок контроля и выдачи команд, измерительными приборами, ручками потенциометров, микрофонами и динамиками и другим оборудованием.

Инструкторы начали готовиться к первой тренировке. В это время наш ведущий инженер по подготовке космонавтов М.С. Ткачук, самый опытный и знающий из инструкторов, разрабатывал программу тренировок – очень важный и ответственный документ. Нужно было учесть самые важные этапы программы первого полета ОПС, получить много согласующих подписей ЦКБМ, ГРУ, ЦПК. И это в условиях, когда сама программа полета регулярно дорабатывалась.

16 декабря 1972 года состоялась церемония предварительной приемки тренажера и начала тренировок экипажей. Принесли бутылку шампанского. Наш начальник отдела летчик-космонавт Г.С. Шонин произнес небольшую речь. Сказал, что он из морской авиации, а у моряков принято спуск на воду нового корабля отмечать разбитием бутылки шампанского о борт. Но мы решили не бить, а поручили специалисту СОКБ Галине Сарычевой слегка дотронуться бутылкой до корпуса тренажера. Шампанское досталось всем, хотя и совсем понемногу.

*Окончание следует*

## КРАТКАЯ СПРАВКА О ЖЕНЩИНАХ-КОСМОНАВТАХ И АСТРОНАВТАХ

### Brief Data on Female Cosmonauts and Astronauts

В конце декабря 1961 года был проведен первый отбор женщин в космонавты. К отбору были привлечены спортсменки из аэроклубов Москвы, Рязани, Ярославля, Курска, Орла, а также члены сборных команд СССР по авиационным видам спорта. Всего было рассмотрено около 800 кандидатур, из них 58 женщин, желающих быть космонавтами, были отправлены на медицинскую комиссию.

Таким образом, в 1962 году была сформирована и начала подготовку к полету первая в мире женская группа космонавтов:

- Ёркина Жанна Дмитриевна;
- Кузнецова Татьяна Дмитриевна;
- Пономарёва Валентина Леонидовна;
- Соловьёва Ирина Баяновна;
- Терешкова Валентина Владимировна.



Первая женская группа:

Ж.Д. Ёркина, Т.Д. Кузнецова, В.Л. Пономарёва, И.Б. Соловьёва, В.В. Терешкова

В космосе довелось побывать только Валентине Владимировне Терешковой.

Первая в мире женщина-космонавт – Валентина Владимировна Терешкова – совершила космический полет на корабле «Восток-6» с 16 по 19 июня 1963 года. Полет Терешковой продолжался 2 суток 22 часа 50 минут. Валентина Владимировна является единственной женщиной Земли, совершившей полет на одноместном космическом корабле. Все последующие женщины-космонавты летали в космос только в составе экипажей.



В.В. Терешкова

2 апреля 1965 года при встрече с С.П. Королёвым Н.П. Каманин высказал идею послать в космос чисто женский экипаж. Это предложение он обосновывал тем, что повторение выхода мужчины в открытый космос не вызовет в мире мощного резонанса, в то время как выход в открытый космос женщины мог произвести большой эффект в мировом общественном мнении, что имело особое значение в условиях соперничества СССР и США в освоении космоса. В январе 1966 года Председатель Госкомиссии Г.А. Тюлин рекомендовал интенсивнее готовить Пономарёву и Соловьёву к полету. Н.П. Каманин дал команду срочно готовить к 15–20-суточному полету два женских

экипажа в составе: Пономарёва–Соловьёва, Сергейчик (Ёркина)–Пицхелаури (Кузнецова) (срок готовности – 15 марта). 14 января 1966 году скончался Сергей Павлович Королёв, что послужило в дальнейшем причиной закрытия этой программы. Соловьёвой и Пономарёвой так и не пришлось побывать в космосе.

В таком составе женская группа космонавтов просуществовала до октября 1969 года, до момента официального расформирования.

Руководители советской космической программы почти на 20 лет «закрыли» тему полетов женщин в космос. Положение изменилось лишь в конце семидесятых годов и было связано с опасением утратить первенство в этой области.

В 1978 году в США был проведен 8-й набор в отряд НАСА. Среди 35 астронавтов впервые в отряд были зачислены 6 женщин. Вместе со своими коллегами-мужчинами они были направлены на общекосмическую подготовку.



Первые американские женщины-астронавты:  
Маргарет Седдон, Кэтрин Салливэн, Джудит Резник, Салли Райд,  
Анна Фишер, Шеннон Люсид

В этих условиях генеральный конструктор НПО «Энергия» В.П. Глушко смог «пробить» выдвинутую им еще в 1974 году идею возобновить в СССР полеты женщин в космос.

30 июля 1980 года решением Государственной межведомственной комиссии восемь женщин были направлены на прохождение общекосмической подготовки:

- Амелькина Галина Васильевна;
- Доброквашина Елена Ивановна;
- Захарова Тамара Сергеевна;
- Кулешова Наталия Дмитриевна;
- Латышева Ирина Дмитриевна;
- Пожарская Лариса Григорьевна;
- Пронина Ирина Рудольфовна;
- Савицкая Светлана Евгеньевна.





Е.В. Кондакова, Н.Д. Кулешова, И.Р. Пронина

Из этого набора только С.Е. Савицкая смогла осуществить свою мечту. Она стала второй в мире женщиной-космонавтом.

Первый полет Светлана Савицкая совершила с 19 по 27 августа 1982 года в качестве космонавта-исследователя на космических кораблях «Союз Т-5» / «Союз Т-7» и орбитальной станции «Салют-7». Полет длился 7 суток 21 час 52 минуты.

После полета Савицкой у В.П. Глушко возникли новые идеи по развитию женской космонавтики для реализации планов, в которые входили забытая идея осуществить полет исключительно женского экипажа и первый выход женщины-космонавта в открытый космос. Прибыло пополнение. 9 марта 1983 года в женскую группу была зачислена Екатерина Иванова из Ленинградского механического института.

Женский экипаж, в который вошли Светлана Савицкая, Екатерина Иванова и Елена Доброквашина, должен был стартовать на станцию «Салют-7» в 1985 году. Но им тоже не повезло, полет по разным причинам откладывался, хотя первый выход женщины в открытый космос все же состоялся. Это произошло во втором полете Савицкой (17–29 июля 1984 года) в качестве бортиженера корабля «Союз Т-12» и орбитальной станции «Салют-7». 25 июля 1984 года Савицкая совершила выход в открытый космос (вместе с В.А. Джанибековым) длительностью 3 часа 34 минуты. Суммарное время двух космических полетов составило 19 суток 17 часов.

Савицкая Светлана Евгеньевна является единственной женщиной-космонавтом, которая удостоена звания Героя Советского Союза дважды.

Достигнув приоритета, советское руководство вновь охладело к идее женских космических полетов. Некоторое время продолжал оставаться актуальным проект исключительно женской миссии на орбитальный комплекс «Мир», но в апреле 1987 году отказались и от него. Больше



С.Е. Савицкая



ни одна из космонавток этой группы к подготовке не привлекалась и в экипажи не назначалась.

Третьей женщиной в космосе побывала астронавт НАСА Салли Райд, совершившая два полета в космос: в 1983 и 1984 годах. В целом она провела на орбите более 14 суток.

Пятой женщиной-астронавтом стала американка Кэтрин Салливэн, которая была членом экипажа трех космических миссий многоразового транспортного корабля «Space Shuttle» (в 1984, 1990, 1992 годах). Она же первой из американок совершила выход в открытый космос.



Кондакова Е.В.

В 1989 году в отряд космонавтов РКК «Энергия» была зачислена Кондакова Елена Владимировна.

Она стала третьей женщиной-космонавтом в истории российской космонавтики и 27-й, побывавшей в космосе. Впервые Кондакова отправилась в космос на станцию «Мир» 4 октября 1994 года в составе экипажа корабля «Союз ТМ-20» и стала первой женщиной, совершившей длительный космический полет (169 суток). Второй космический полет Е. Кондаковой начался 15 мая 1997 года на американском шаттле «Атлантис» и продлился более 9 суток. Елена Владимировна удостоена звания Героя Российской Федерации.

28-й женщиной, побывавшей в космосе, стала американка Айлин Коллинз. Она совершила 4 космических полета (в 1995, 1997, 1999 и 2005 годах) и стала первой в истории США женщиной-командиром космического корабля.

39-й в космосе побывала американка Пегги Уитсон, которая была назначена командиром экспедиции МКС-16 (10.10.2007 г.–19.04.2008 г.), став, таким образом, первой женщиной-командиром МКС. За время этой экспедиции она совершила 5 выходов в открытый космос. Пегги Уитсон совершила самое большое число выходов в открытый космос (6 выходов) и имеет наибольшее суммарное время работы в открытом космосе среди женщин (39 часов 44 минуты). Кроме того, она является обладателем женского рекорда по суммарной продолжительности космических полетов – 377 суток (2 полета).

В 1996 году в отряд космонавтов РКК «Энергия» была зачислена Кужельная Надежда Васильевна.

С мая 1999 года по январь 2001 года Кужельная готовилась к полету в качестве бортинженера основного экипажа по программе 1-й российской экспедиции посещения МКС (сначала вместе с Т. Мусабаевым, а с июля 2000 года – вместе с В. Афанасьевым). В январе 2001 года в связи с переформированием экипажей она была выведена из основного экипажа и переведена в группу космонавтов по программе МКС.

С мая по октябрь 2001 года Н. Кужельная вместе с космонавтом С. Залетиним проходила подготовку в составе дублирующего экипажа на МКС. Надежда была дублером француженки Клоди Эньере. Впоследствии она продолжила подготовку в составе группы космонавтов. Н. Кужельная покинула отряд, так и не слетав в космос.



Кужельная Н.В.

В 2007 году в отряд космонавтов РКК «Энергия» была зачислена Серова Елена Олеговна. 15 декабря 2011 года решением Межведомственной комиссии Елена Серова была назначена бортинженером в состав основного экипажа (вместе с Александром Самокутяевым и Барри Уилмором) корабля «Союз ТМА-14М», старт которого по программе МКС-41/42 намечен на сентябрь 2014 года.

В начале 2012 года был объявлен открытый конкурс по отбору кандидатов в космонавты. В ходе отбора в отряд космонавтов оценивались не только уровень физической подготовки претендентов, но и наличие технических навыков, владение английским языком, степень обучаемости – качества, важные для профессиональной деятельности космонавтов. Заявки подали 304 человека, из них от женщин поступило 43 заявления, и только Кикина Анна Юрьевна прошла все испытания.



Е.О. Серова



А.Ю. Кикина

Сейчас в отряде космонавтов ФГБУ «НИИ имени Ю.А. Гагарина» две женщины: космонавт-испытатель Елена Серова (в отряде с 2007 года) и кандидат в космонавты-испытатели Анна Кикина (в отряде с 2012 года).

Начиная с 1963 года, когда Валентина Владимировна Терешкова открыла эру женской космонавтики, в космосе побывали 57 женщин. Из них: 45 американок (рекордсменками, совершившими по 5 полетов, являются Шеннон Люсид, Бонни Данбар, Марша Айвинс, Тамара Джерниган, Сьюзан Хелмс, Дженис Восс), три из Советского Союза/России, две канадки, две японки, две китайки и по одной представительнице Великобритании, Франции, Южной Кореи.

Как и во всех других профессиях, одним везет больше, а другим меньше. Сотни и сотни случайных факторов и закономерных условий переплетаются в достижении конечного результата. Всех женщин-космонавток объединяет, пожалуй, одно: и в тренировках, и в полетах, и в повседневной жизни они с огромным мужеством и притягательной женственностью преодолевают препятствия, стремятся к высотам.

*О.В. ВАСИЛЬЕВА*

**80 ЛЕТ В.Ф. БЫКОВСКОМУ****V.F. Bykovskiy  
80-Year Anniversary**

2 августа 2014 года исполнилось 80 лет со дня рождения Валерия Федоровича Быковского, летчика-космонавта первого набора в отряд космонавтов, дважды Героя Советского Союза, совершившего три полета в космос общей продолжительностью 20 суток 17 часов 48 минут 21 секунда. Из первой двадцатки летчиков «гагаринского набора» космический полет совершили лишь двенадцать. По два раза это удалось сделать Борису Волинову, Алексею Леонову, Андрияну Николаеву и Павлу Поповичу. Валерию Федоровичу Быковскому и Виктору Васильевичу Горбатко довелось побывать в космосе по три раза!



Ю.А. Гагарин, А.Г. Николаев, В.В. Терешкова, П.Р. Попович,  
В.Ф. Быковский, Г.С. Титов, 1963 г.

Начальник Центра подготовки космонавтов Е.А. Карпов в официальном документе по результатам тренировок на учебном космическом корабле так характеризовал будущего космонавта: «В.Ф. Быковский обладает высокой стойкостью автоматизации навыков, быстрым и в то же время высокоэкономным характером действий, острой наблюдательностью. На тренировках выступает профессиональная летная обстоятельность, навыки высокоустойчивы...».

Первый свой полет в космос В.Ф. Быковский совершил командиром корабля «Восток-5» с 14 по 19 июня 1963 года. Продолжительность этого полета была 4 суток 23 часа 7 минут, полет проходил совместно с кораблем «Восток-6», пилотируемым Валентиной Владимировной Терешковой.

Во втором своем космическом полете с 15 по 23 сентября 1976 года В.Ф. Быковский был командиром корабля «Союз-22». Вместе с В.В. Аксеновым в ходе автономного испытательного полета в рамках программы «Интеркосмос» была испытана и отработана многозональная фотокамера МКФ-6, изготовленная в

ГДР. Полет продолжался 7 суток 21 час 52 минуты 17 секунд.

Третий полет В.Ф. Быковский совершил в качестве командира советско-германского экипажа на корабле «Союз-31» вместе с З. Йеном с 26 августа по 3 сентября 1978 года по программе четвертой экспедиции посещения орбитальной станции «Салют-6», на которой находились В.В. Коваленок и А.С. Иванченков. Экипаж «Союз-31» возвратился на корабле «Союз-29». Весь полет продолжался 7 суток 20 часов 49 минут 4 секунды.

В.Ф. Быковский проходил также подготовку к первому групповому полету двух кораблей «Восток» в качестве дублера А.Г. Николаева. Затем В.Ф. Быковский был командиром экипажа корабля «Союз-2», который должен был стартовать 24 апреля 1967 года для стыковки с запущенным ранее кораблем «Союз-1» и перехода членов экипажа «Союза-2» А.С. Елисеева и Е.В. Хрунова для возвращения на корабле «Союз-1». Ввиду неполадок на корабле «Союз-1», полет которого закончился гибелью космонавта В.М. Комарова, старт корабля «Союз-2» был отменен.

В 1967-1969 годах В.Ф. Быковский вместе с Н.Н. Рукавишниковым проходил подготовку по советским программам облета Луны Л1/«Зонд» и посадке на нее ЛЗ.

Полет пилотируемого корабля «Зонд-7» по лунно-облетной программе был запланирован на 8 декабря 1968 года. В.Ф. Быковский был назначен командиром одного из экипажей. Но полет был отменен, несмотря на то, что экипажи написали заявление в Политбюро ЦК КПСС с просьбой разрешить немедленно лететь к Луне для обеспечения приоритета СССР (американцы планировали аналогичный пилотируемый полет на 21-27 декабря 1968 года). Дело в том, что предыдущие беспилотные полеты кораблей «Зонд» (Л1) были полностью или частично неудачными из-за неотработанности корабля и ракеты-носителя «Протон». Приоритет остался за США - «Аполлон-8» в запланированные сроки совершил пилотируемый облет Луны.



В.Ф. Быковский и З. Йен  
на тренажере корабля «Союз», 1978 г.



В.Ф. Быковский и В.В. Аксенов  
на тренажере корабля «Союз», 1976 г.

В.Ф. Быковский был назначен командиром одного из экипажей, которые должны были по другой (лунно-посадочной) программе выполнить экспедиции на Луну с высадкой на нее командира экипажа. Эта программа также была отменена после успешной высадки американцев на Луну на «Аполлоне-11» в июле 1969 года.

С 1961 года по 1968 год В.Ф. Быковский проходил обучение в Военно-воздушной инженерной акаде-

мии (ВВИА) имени Н.Е. Жуковского. По ее окончании получил квалификацию «летчик-инженер-космонавт». Ученая степень кандидата технических наук была присуждена в 1973 году.

В 1982 году В.Ф. Быковский выбыл из отряда космонавтов и был назначен начальником 3 отдела, затем 13 отдела 1 управления НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина. В запас уволен 2 апреля 1988 года в звании полковника. С 1988 года по 1991 год работал директором Дома советской науки и культуры в Берлине.

Юбиляр активно участвует в пропаганде достижений отечественной ракетно-космической техники, в патриотическом воспитании молодежи.

Дорогой Валерий Федорович, руководство и сотрудники ЦПК имени Ю.А. Гагарина поздравляют Вас с юбилеем и желают Вам здоровья, семейного счастья, благополучия и долгих лет жизни!

### **30 ЛЕТ ПЕРВОМУ ВЫХОДУ ЖЕНЩИНЫ В ОТКРЫТОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО**

#### **30 Years of the First Exit of a Woman in Open Space**

25 июля 1984 года впервые в мире женщина-космонавт Светлана Евгеньевна Савицкая вышла в открытый космос и находилась вне космического корабля 3 часа 35 минут. Вместе с Владимиром Александровичем Джанибековым ею были выполнены уникальные эксперименты: испытания в безвоздушном пространстве новой разработки советских ученых – «электронно-лучевой пушки», аппарата для сварки в открытом космосе.



С.Е. Савицкая, В.А. Джанибеков проходят подготовку по проведению научного эксперимента на тренажере ОС «Салют-7», 1984 г.

Это был ее второй космический полет, который она совершила с 17 по 29 июля 1984 года в качестве бортинженера корабля «Союз Т-12» вместе с В.А. Джанибековым и И.П. Волком. В ходе полета на орбитальном комплексе



«Салют-7» совместно с экипажем корабля «Союз Т-11» Л.Д. Кизимом, В.А. Соловьевым и О.Ю. Атьковым был проведен ряд совместных экспериментов и исследований.

Первый космический полет С.Е. Савицкая совершила с 19 по 27 августа 1982 года в качестве космонавта-исследователя на корабле «Союз Т-7» и орбитальной станции «Салют-7» совместно с Л.И. Поповым и А.А. Серебровым. В ходе полета на орбитальном комплексе «Салют-7» вместе с экипажем корабля «Союз Т-5» в составе А.Н. Березового и В.В. Лебедева были проведены технические, гео- и астрофизические исследования, выполнены биотехнологические и медико-биологические эксперименты.

Общая продолжительность двух полетов составила 19 суток 17 часов 7 минут.



И.П. Волк, В.А. Джанибеков, С.Е. Савицкая  
после приземления в Казахстане, 29.07.1984 г.

Во многом благодаря заслуге В.П. Глушко, почти через два десятилетия после полета В.В. Терешковой в СССР появилась женская космическая программа. С.Е. Савицкая вспоминает: «Если бы не он, не его твердые убеждения о том, что женщины могут летать не хуже, а даже лучше мужчин, – как он говорил не раз и не только мне, – женщины в космосе могут выполнять серьезные работы и переносить невесомость, если бы не он, то, конечно, ни я, и никто другой из женщин в тот период бы не летали».

С.Е. Савицкая стала первой и единственной женщиной дважды Героем Советского Союза (1982 и 1984 гг.). Заслуженный мастер спорта СССР (1970 г.), легкоатлет 2-го класса (1980 г.), легкоатлет-космонавт 2-го класса (1985 г.), кандидат технических наук (1986 г.). Автор книги «Вчера и всегда» (1988 г.). Известный общественный деятель. Ее именем названы две малые планеты (астероиды).

Руководство и коллектив ЦПК имени Ю.А. Гагарина поздравляют Светлану Евгеньевну и желают ей крепкого здоровья на долгие годы, семейного благополучия и успехов в профессиональной деятельности!

## НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

### SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION

#### СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА В СКАФАНДРЕ

##### **In-Suit Thermal Condition Monitoring System**

Система мониторинга теплового режима в скафандре относится к устройствам для измерения тепловых потоков в скафандрах, предназначенных для работы в условиях гидросреды, и может быть применена для слежения за тепловым состоянием космонавта при проведении тренировок на тренажерах, имитирующих различные факторы космического полета. Система состоит из канала измерения теплосъема воздухом, канала измерения теплосъема водой, канала измерения теплосъема потоотделением, канала измерения энерготрат космонавта, датчиков температуры воздуха на входе и выходе из скафандра, датчика расхода воздуха, блоков определения разности температур воздуха и воды соответственно, блоков определения массового расхода воздуха и воды, блока определения скорости отвода тепла воздухом, блока определения теплосъема воздухом, блока задания начальных условий, датчиков температуры воды на входе и выходе костюма водяного охлаждения, датчика расхода воды, блока определения скорости отвода тепла водой, блока определения теплосъема водой, датчика влажности воздуха, блока определения абсолютной влажности, первого и второго запоминающих устройств, блоков вычитания, определения скорости отвода тепла потоотделением, определения теплосъема потоотделением, датчика концентрации углекислого газа, блоков определения изменения концентрации углекислого газа, определения скорости выделения углекислого газа, определения скорости поглощения кислорода, определения текущих энерготрат космонавта, определения суммарных энерготрат космонавта, суммирования, визуализации. Применение разработанной системы позволит повысить точность определения теплосъема из скафандра и тепловыделения космонавтов в процессе тренировок в наземных условиях, что приведет к повышению качества контроля тепловых режимов и комфортности работы космонавтов в скафандре.

Полезная модель относится к устройствам для измерения тепловых потоков в скафандрах, предназначенных для работы в условиях гидросреды, и может быть применена для слежения за тепловым состоянием космонавта при проведении тренировок на тренажерах, имитирующих различные факторы космического полета.

Получен патент на полезную модель «Система мониторинга теплового режима в скафандре» № 124794 от 10 февраля 2013 года.

**Авторы:** Иродов Евгений Юрьевич (RU), Долгов Павел Павлович (RU), Галкина Ирина Владимировна (RU).

**БАЗА ДАННЫХ ПО УЧЕТУ ПРОВЕДЕННЫХ ЗАНЯТИЙ  
ПО ШЛЮЗОВАНИЮ И СКАФАНДРАМ  
ДЛЯ ВЫХОДА В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС**

**Database on the Recording of Carried out Trainings  
for Airlocking and Eva Suits**

База данных предназначена для хранения и обработки информации о дате, месте, продолжительности, типе, теме, содержании занятия, инструкторе, проводящем занятие, отчетных документах (номера протоколов, программ проведения), космонавтах, этапах их подготовки, замечаниях по результатам проведенного занятия. База данных содержит информацию обо всех проведенных занятиях с 1998 года по 2012 год по теме «Комплекс средств шлюзования российского сегмента МКС и скафандр для выхода в открытый космос». Организация базы данных позволяет добавлять, удалять, редактировать записи. С помощью запросов формируются выборки данных по следующим показателям – период времени, подготовка на тренажерах, подготовка отдельного космонавта, подготовка экипажа, сумма часов по видам занятий, занятость инструкторов.

**Тип реализующей ЭВМ:** IBM PC-совмест. ПК

**Вид и версия системы управления базой данных:** Firebird 2.0

**Вид и версия операционной системы:** Windows XP/Vista

**Объем базы данных:** 2,75 Мб

Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных «Учет проведенных занятий по шлюзованию и скафандрам для выхода в открытый космос» № 2013621390 от 31 октября 2013 года.

**Автор:** Киреева Екатерина Сергеевна (RU).

**МОЛОДЕЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ И АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ»**

25–27 июня 2014 года, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»,  
Звездный городок, Московская область

**Youth Conference**

**“New Materials and Technologies in Rocket-and-Space and Aviation Industry”**  
June 25–27, 2014, State Organization “Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center”,  
Star City, Moscow Region

В целях дальнейшего развития и поддержки научно-технической деятельности молодых специалистов организаций ракетно-космической и авиационной отраслей промышленности России в период с 25 по 27 июня 2014 года состоялась ежегодная Молодежная конференция «Новые материалы и технологии в ракетно-космической и авиационной технике» (далее – конференция), которая проводится в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» четвертый год подряд.



Мероприятие проводилось при поддержке Федерального космического агентства.

Организаторами конференции являлись:

- Комитет по развитию авиационно-космического комплекса Торгово-промышленной палаты Российской Федерации;
- ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»;
- Государственный университет управления.

Основными задачами конференции являются: выявление талантов и поддержка научно-технического творчества российской молодежи в сфере новых материалов и разработок для ракетно-космической и авиационной отраслей промышленности, применения двойных технологий, обмен опытом между специалистами смежных отраслей, расширение научно-технического кругозора молодых конструкторов, технологов и управленцев.

Программой конференции была предусмотрена работа следующих секций:

Секция 1. Новые материалы и технологии для ракетно-космической и авиационной техники.

Секция 2. Системы и устройства для ракетно-космической и авиационной техники.

Секция 3. Автоматизированные системы управления и проектирования.

Секция 4. Технологии двойного назначения (применение ракетно-космических и авиационных технологий в других отраслях промышленности, народном хозяйстве, медицине, бытовой технике и др.).

Секция 5. Менеджмент и экономика инноваций.

В конференции приняли участие 65 специалистов из 25 организаций и предприятий ракетно-космической и 2 организаций авиационной отраслей промышленности. Было представлено 30 научно-технических докладов.

В течение двух дней в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» проходили заслушивания докладов участников конференции по секциям. Экспертный совет из специалистов ведущих предприятий отрасли подвел итоги конкурса докладов и определил 8 победителей в соответствующих секциях.

Победители получили дипломы от ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», соответствующие денежные премии, а все участники – почетные грамоты.

Участникам и гостям конференции была предложена обширная программа дополнительных мероприятий в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»:

- посещение молодежного образовательного Космоцентра;
- экскурсии по технической базе с посещением центрифуги, гидролаборатории, тренажеров транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА», орбитального комплекса «Мир» и российского сегмента Международной космической станции;
- показ видеофильмов о пилотируемой космонавтике, работе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» и полете МКС.

Также участники конференции совершили экскурсию в Центральный музей Военно-воздушных сил (Монино) и автобусную экскурсию по вечерней Москве.

Все доклады будут опубликованы в печатном издании «Материалы Молодежной конференции».

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«КАЗАХСТАН И КОСМОС»**

1 июля 2014 года, г. Астана, Республика Казахстан

**The International Scientific and Practical Conference “Kazakhstan and Space”**  
July 1, 2014, Astana, Republic of Kazakhstan

1 июля в г. Астане состоялась Международная научно-практическая конференция «Казахстан и космос», посвященная 20-летию полета в космос космонавта независимого Казахстана Талгата Мусабаева.

В конференции приняли участие начальник Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, Герой России, летчик-космонавт РФ Юрий Валентинович Лончаков, а также коллеги по экипажам Талгата Мусабаева, Герои России, летчики-космонавты РФ Юрий Иванович Маленченко и Юрий Михайлович Батурин.



В первой части работы конференции космонавты встретились с молодыми специалистами и студентами Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

На мероприятии, посвященном юбилею полета Талгата Мусабаева, начальник Центра подготовки космонавтов сказал несколько слов о его подготовке в ЦПК: «Он для нас был и мама, и папа, и учитель. То есть, он был для нас всем. Я благодарен этому человеку за его высочайший профессионализм, за его организаторские способности, которые помогли нам, тем ребятам, которые пришли в отряд космонавтов, именно встать на тот путь, затем летать в космос и эффективно работать», – сказал Юрий Валентинович Лончаков.

После торжественного открытия конференции началось пленарное заседание, на котором Ю.В. Лончаков выступил с докладом на тему «Международное сотрудничество в космосе». В своем выступлении начальник ЦПК обозначил основные вехи развития советской и российской пилотируемой космонавтики, затронул актуальные вопросы, связанные с дальнейшей интеграцией в мировое космическое сообщество, рассказал о приоритетах развития космонавтики в России и ее будущем.

В работе конференции также приняли участие официальные лица Республики Казахстан, руководители и специалисты зарубежных космических агентств и ведущих космических компаний из России, Украины, Франции, Германии, Великобритании, Японии, Голландии, Румынии, а также ученые, эксперты, представители общественности, специалисты космической сферы.

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ПСИХОЛОГИЯ ТРУДА, ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ  
И ЭРГОНОМИКА»**

3–5 июля 2014 года, г. Санкт-Петербург

**The International Scientific and Practical Conference  
“Labor Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics”  
July 3–5, 2014, St. Petersburg**

С 3 по 5 июля на территории Петербургского энергетического института повышения квалификации проходила Международная научно-практическая конференция «Психология труда, инженерная психология и эргономика». Целью конференции являлись консолидация и интеграция научной деятельности отечественных и зарубежных ученых в области психологии труда, инженерной психологии и эргономики, а также обмен информацией между теоретиками, практиками, представителями промышленности и бизнеса. В работе конференции приняли участие ведущие ученые и специалисты в области эргономики. В России конференции по данной тематике не проводились четверть века. Организаторами конференции выступили Институт психологии РАН, Межрегиональная эргономическая ассоциация, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Обнинский институт атомной энергетики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Центр подготовки космонавтов, Петербургский энергетический институт повышения квалификации.

На конференции были представлены доклады на следующих тематических секциях:

- методологические и системные вопросы;
- стандартизация в эргономике;
- эргономическое проектирование;
- эргономическая экспертиза и измерения;
- когнитивная эргономика;
- физиология труда и биомеханика;
- анализ деятельности и моделирование человека;
- групповая деятельность в человеко-машинных системах;
- профессиональная диагностика и отбор;
- тренажеры, виртуальная реальность и подготовка персонала;
- пользовательские интерфейсы: юзабилити и пользовательский опыт;
- человеко-машинный интерфейс в технических системах;
- безопасность труда, факторы рабочей среды и управление риском;
- эргономическое обеспечение деятельности в экстремальных условиях;

- бытовая эргономика;
- социальная эргономика.

С докладами на секциях выступили сотрудники Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина И.Г. Сохин, В.М. Усов, В.Н. Саев, А.А. Митина, Ж.Н. Шевченко. Доклады опубликованы в сборнике трудов Международной научно-практической конференции.

Организаторы надеются, что в дальнейшем конференция будет проводиться ежегодно. Следующую конференцию планируют провести в Твери.

## 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. Редколлегия вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или же общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи сообщается автору, который представил статью, специалистам, давшим рекомендации, и организации, где работа выполнялась.

**To the Attention of Readers**

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

***Наши координаты для контактов***

***(по вопросам публикации, рекламы, и деловых предложений)***

**Кальмин Андрей Валентинович** (организационные вопросы)

тел.: 8 (495) 526-37-31; 8 (495) 526-38-90, e-mail: A.Kalmin@gctc.ru.

Факс: 8 (495) 526-26-12

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

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**



**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 20.08.14.  
Формат 70х108/16. Бумага ксероксная.  
Усл. печ. л. 11,37. Тираж 120 экз. Зак. 414-14.

Отпечатано в типографии редакционно-издательского отдела  
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»