

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ю.В. Лончаков

РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ

Б.И. Крючков –  
заместитель  
главного редактора,

А.В. Кальмин –  
ответственный секретарь,

Ю.М. Батурин,

М.Н. Бурдаев,

Л.К. Васильева,

С.П. Власенков,

Н.В. Волкова,

О.С. Гордиенко,

П.П. Долгов,

В.М. Жуков,

С.А. Жуков,

С.В. Игнатъев,

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-38/39  
при выполнении программы космического  
полета. *М.В. Тюрин*.....4

Медицинское обеспечение полета экипажа  
МКС-38/39 (экспресс-анализ).  
*В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова* .....14

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

Основные положения по созданию  
в Центре подготовки космонавтов имени  
Ю.А. Гагарина интегрированного комплекса  
технических средств подготовки  
космонавтов. *Ю.В. Лончаков, Б.А. Наумов,  
В.П. Хрипунов* .....25

Позиционирование мобильного  
робота-помощника во внутреннем рабочем  
пространстве на пилотируемых космических  
комплексах. *Б.И. Крючков, В.П. Дашевский,  
Б.В. Соколов, В.М. Усов*.....40

Типологический ряд тренажеров  
для подготовки экипажей пилотируемого  
транспортного корабля нового поколения.  
*А.А. Гусельников, Д.В. Путилин,  
Г.Д. Орешкин, В.П. Хрипунов* .....57

Исследование рисков создания и применения  
антропоморфных робототехнических систем  
космического назначения. *Б.В. Бурдин,  
А.Н. Супотницкий* .....68

Оптимизация цикла подготовки  
космического эксперимента по экономико-  
временным показателям. *А.В. Марков,  
С.Б. Пичугин*.....88

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ .....	95
Подготовка первого экипажа орбитальной пилотируемой станции комплекса «Алмаз» (к 40-летию полета станции «Салют-3») ( <i>окончание</i> ). <i>Записки инструктора экипажа М.Л. Шугаева</i> .....	95
Социокультурный аспект франко-советского сотрудничества в пилотируемой космонавтике. <i>Л.В. Иванова, Лоранс Рош-Най</i> .....	111
60 лет И.Г. Сохину .....	118
85 лет со дня рождения А.Г. Николаева.....	119
50 лет полету космического корабля «Восход» .....	122
70 лет В.И. Васильеву .....	124
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ .....	126
Заместитель председателя правительства РФ Дмитрий Rogozin посетил Центр подготовки космонавтов .....	126
Первая совместная научно-практическая конференция «Полеты в космос. История, люди, техника».....	128
Участие сотрудников Центра подготовки космонавтов в работе Шестого Белорусского космического конгресса .....	130
IV Международная научная школа молодых ученых.....	130
О разработке профессиональных стандартов .....	131
Информация для авторов и читателей .....	132

## CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS .....	4
Main Results of the ISS-38/39 Expedition Training and Activities When Carrying out the Mission Plan. <i>M.V. Tyurin</i> .....	4
Express Analysis of Medical Support of the ISS-38/39 Crew Members. <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova</i> .....	14
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS .....	25
Basics of the Creation of an Integrated Technical Complex for Cosmonaut Training at Gagarin CTC. <i>Yu.V. Lonchakov, B.A. Naumov, V.P. Khripunov</i> .....	25
Positioning of a Mobile Robotic Assistant Within the Working Space Aboard Manned Space Complexes. <i>B.I. Kryuchkov, V.P. Dashevsky, B.V. Sokolov, V.M. Usov</i> .....	40
Typological Series of Simulators for Training Crews of a New-Generation Manned Transport Vehicle. <i>A.A. Guselnikov, D.V. Putilin, G.D. Oreshkin, V.P. Khripunov</i> .....	57
Study of the Risks of the Creation and Application of Space Anthropomorphic Robotic Systems. <i>B.V. Burdin, A.N. Supotnitsky</i> .....	68
Optimization of the Space Experiment Preparation Cycle By its Economic-Timing Indicators. <i>A.V. Markov, S.B. Pichugin</i> .....	88
HISTORY. EVENTS. PEOPLE .....	95
Training of the First Crew of Almaz Orbital Manned Station (40-Year Anniversary of the Flight of Salyut-3 Station) ( <i>the final part</i> ). <i>Memoirs of M.L. Shugayev, a crew instructor</i> .....	95
Sociocultural Aspects of Franco-Soviet Cooperation in Manned Spaceflight. <i>L.V. Ivanova, Laurence Roche-Nye</i> .....	111
I.G. Sokhin 60-Year Anniversary .....	118
A.G. Nikolaev 85-Year Anniversary .....	119
The Voskhod space flight 50-Year Anniversary .....	122
V.I. Vasilyev 70-Year Anniversary .....	124
SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION .....	126
Deputy Prime Minister of the Russian Federation Government Dmitry Rogozin Visited the Cosmonaut Training Center .....	126
The First Joint Scientific and Practical Conference “Flights Into Space. History, People, Engineering” .....	128
Participation of the Cosmonaut Training Center’s People in the Sixth Byelorussian Space Congress .....	130
IV International Scientific School for Young Scientists .....	130
On the Development of Professional Standards .....	131
Information for Authors and Readers .....	132

# ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

## RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-38/39 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА М.В. Тюрин

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ М.В. Тюрин  
(РКК «Энергия»)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-38/39 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА-11М» 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-38/39 Expedition Training and Activite When Carring out the Mission Plan. M.V. Tyurin**

The paper considers results of the ISS-38/39 expedition's activity aboard the «Soyuz-TMA-11M» 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-38/39 в составе (рис. 1):

Тюрин Михаил Владиславович	командир ТПК «Союз ТМА-11М» бортинженер МКС-38/39 (Роскосмос, Россия)
Мастраккио Ричард Алан	бортинженер ТПК «Союз ТМА-11М», бортинженер МКС-38/39 (НАСА, США)
Ваката Коити	бортинженер-2 ТПК «Союз ТМА-11М» бортинженер МКС-38, командир экспедиции МКС-39 (ДжАКСА, Япония)

выполнил космический полет длительностью 187 суток с 7 ноября 2013 года по 14 мая 2014 года. Позывной экипажа ТПК «Союз ТМА-11М» – «Восток».



Рис. 1. Экипаж экспедиций МКС-38/39

### Опыт полетов членов экипажа

Тюрин Михаил Владиславович в отряде космонавтов с 1996 года. До назначения в экипаж выполнил 2 космических полета: в 2001 году – в качестве бортинженера МКС; в 2007 году – в качестве командира ТК «Союз ТМА-9» и бортинженера 14-й основной экспедиции. Инструктор-космонавт-испытатель 1 класса.

Рик Мастраккио – астронавт НАСА с 1996 года. До назначения в экипаж выполнил 3 космических полета: 1-й полет – в 2000 году, на STS-106 в качестве полетного инженера; 2-й космический полет – на STS-118 в 2007 году – полетный инженер, руководитель ВКД; 3-й космический полет – на «Дискавери» STS-131, 2010 год, руководитель ВКД.

Коити Ваката – астронавт ДжАКСА (Япония). До назначения в экипаж совершил 3 космических полета: 1-й космический полет в 1996 году на STS-72 в качестве полетного специалиста; 2-й космический полет – в 2000 году на STS-92 в качестве оператора робота-манипулятора; 3-й космический полет – в 2009 году в качестве специалиста по программам МКС-18, 19, 20.

### Основные итоги полета

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-11М» был произведен 7 ноября 2013 года с космодрома Байконур (Казахстан).

Параметры орбиты выведения: период  $T_{M3} = 88,65$  мин, наклонение  $i = 51,67$  град., высота  $h \times H = 200,23$  км  $\times$  243,99 км.

В космическом полете выполнены следующие работы:

– доставка экипажа экспедиции МКС-38/39 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 7 ноября 2013 года ТПК «Союз ТМА-11М» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ1;  $T_{M3} = 13:27:53$  ДМВ. Следует отме-

туть, что сближение транспортного пилотируемого корабля осуществлено с использованием 4-витковой схемы полета;

– участие в проведении эстафеты олимпийского огня. Факел олимпийского огня XXII Олимпийских зимних игр в Сочи был доставлен экипажем ТПК «Союз ТМА-11М» и передан на борт МКС. Выход в открытый космос (ВКД-36) с факелом олимпийского огня осуществили 9 ноября 2013 года космонавты О. Котов и С. Рязанский из состава экспедиции МКС-37. Факел олимпийского огня доставлен на Землю 11 ноября 2013 года экипажем ТПК «Союз ТМА-09М»;

– 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 ТГК «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»;

– 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);

– расстыковка ТГК «Прогресс М-20М» от стыковочного узла СО1 произведена 3 февраля 2014 года. Время фактической расстыковки – 19:21 ДМВ. Стыковка ТГК «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;

– научные исследования и эксперименты в соответствии с программой НПИиЭ;

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

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

– расстыковка ТПК «Союз ТМА-10М» от стыковочного узла модуля МИМ2 выполнена 11 марта 2014 года. Время расстыковки – 03:02:32 ДМВ, время посадки СА – 06:23:47 ДМВ;

– стыковка ТПК «Союз ТМА-12М» к стыковочному узлу модуля МИМ2 произведена 28 марта 2014 года ( $T_{М.З.} = 02:53:33$  ДМВ); сближение транспортного пилотируемого корабля осуществлено по 2-суточной схеме полета;

– расстыковка ТГК «Прогресс М-22М» от стыковочного узла СО1 осуществлена 7 апреля 2014 года. Время расстыковки – 16:58:22 ДМВ;

– стыковка ТГК «Прогресс М-23М» к стыковочному узлу СО1 выполнена 10 апреля 2014 года ( $T_{М.З.} = 00:14:18$  ДМВ). Сближение транспортного корабля осуществлено по четырехвитковой схеме полета;

– сближение американского грузового корабля «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к надирному порту модуля Node2 АС МКС осуществлены 20 апреля 2014 года ( $T_{М.З.} = 17:12$  ДМВ);

– расстыковка ТГК «Прогресс М-21М» от АО СМ осуществлена 23 апреля 2014 года. Время расстыковки – 11:58:20 ДМВ;

– тестовая стыковка ТГК «Прогресс М-21М» к стыковочному узлу АО СМ проведена 25 апреля 2014 года ( $T_{М.З.} = 15:13:12$  ДМВ);

– возвращение экипажа МКС-38 и МКС-39 на Землю, расстыковка ТПК «Союз ТМА-11М» от стыковочного узла модуля МИМ1 выполнена 14 мая 2014 года. Время расстыковки – 01:35:57 ДМВ, время посадки СА – 04:58:30 ДМВ.

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

Подготовка к полету основного экипажа МКС-38/39 в составе командира ТПК «Союз ТМА-11М» Тюрина Михаила Владиславовича, бортинженера Мастраккио Ричарда Алана и бортинженера-2 Ваката Коити проводилась с 29 мая 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-11М» являлись:

- подготовка, направленная на формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз ТМА-11М»;
- 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-11М» 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;
- подготовка экипажа по контролю автоматического сближения и стыковке ТПК «Прогресс-М» с 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-37/38 и МКС-39/40;
- 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 по внекорабельной деятельности в объеме типовых операций;
- 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-11М»

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-11М» был произведен 7 ноября 2013 года с космодрома Байконур (рис. 2).



Рис. 2. Старт корабля «Союз ТМА-11М»

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно,  $T_{КП} = 07:14:15$ ;  $T_{КО} = 07:23:03$  ДМВ.

В процессе предстартовой подготовки замечаний к работе бортовых систем не выявлено.

7 ноября 2014 года на 3 и 4 витках полета выполнен режим автоматического сближения и стыковки с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ1. Время формирования признака «Касание» – 13:27:53 ДМВ.

Сближение пилотируемого корабля ТПК «Союз ТМА-11М» с МКС выполнялось по 4-витковой схеме.

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля, контроль герметичности стыка, ускоренное выравнивание давления между отсе-



ками ТПК и МКС и открытие переходных люков. Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы автономного полета ТПК «Союз ТМА-11М».

13 мая 2014 года, завершив программу полета на борту МКС, экипаж экспедиции МКС-38/39 приступил к подготовке к возвращению на Землю. 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-М выдана экипажем в 01:34:00 ДМВ, время фактической расстыковки – 01:35:57 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 – 04:04:44 ДМВ. Двигатель работал штатно, отработал тормозной импульс 128,0 м/с без замечаний. Разделение отсеков прошло в 04:32:33 ДМВ.

Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС. Внеатмосферный промах составил +3 секунды. Максимальная перегрузка – 4,8 единицы. Посадка осуществлена 14 мая 2014 года в 04:58:30 ДМВ в расчетной точке.

В 04:47:00 ДМВ 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 несколько минут после приземления. Аппарат находился на днище, купол парашюта погашен.

## Полет на борту МКС

Экипаж МКС-38/39 работал на борту МКС 187 суток с 7 ноября 2013 года по 14 мая 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. В части дооснащения РС МКС были проведены следующие основные работы:

- перенос на КЦП1 и КЦП2 образов версии ПО 08.07 ЦВМ и ТВМ;
- установка и обновление ПО на управляющих ноутбуках RS1, RS2, RS3;
- установка версии ПО 4.0 на ноутбук RSK2;
- установка диагностического оборудования для оценки состояния приборов БСШ-2, БФ-2 системы электроснабжения ФГБ;
- установка диагностического оборудования для оценки состояния блока распределения электропитания СУБК ФГБ.

Для поддержания работоспособности РС МКС были проведены следующие основные работы по материально-техническому обслуживанию и ремонтно-восстановительные работы:

- замена ГНШ-К-24 в МИМ2;
- замена трех неисправных светильников СД1-7 в МИМ1;
- замена фильтра газожидкостной смеси СРВ-К2М;

- замена насоса Н2 в панели 4СПН2 контура КОБ;
- замена вставки-уловителя осадка в СРВ-К2М;
- демонтаж и монтаж прибора ЦВМ (А1);
- замена блока фильтров СО2 газоанализатора ИК0501;
- замена прибора межбортовой связи МБС (ВСБ-589) в СМ;
- замена блока 800А в СМ;
- замена М-приемника урины и фильтр-вставки в АСУ;
- демонтаж торсионов системы виброизоляции беговой дорожки БД-2 для проведения теста;
- монтаж торсионов системы виброизоляции беговой дорожки БД-2 после проведения теста;
- замена дозатора консерванта и воды в АСУ;
- замена мембранного фильтра-разделителя и разделителя в БРПК-2 на третьей линии СРВ-К2М;
- осмотр и фотографирование стекол иллюминаторов РС МКС;
- демонтаж оборудования и кабелей СУБА для последующей утилизации;
- штатные работы по перекачке воды и урины, обработке панелей фунгистатом, материально-техническому обслуживанию бортовых систем и элементов конструкции МКС.

В рамках работ по связи с общественностью выполнялись видеосъемки для телестудии Роскосмоса, проведен сеанс с российским Дедом Морозом. Были выполнены работы с предметами символики.

### **Совместный полет с другими экипажами МКС**

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-36/37, МКС-38/39, МКС-39/40.

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

- Юрчихин Федор Николаевич (бортинженер экспедиции МКС-36, командир экспедиции МКС-37, Роскосмос, Россия);
- Пармитано Лука (бортинженер МКС-36/37, ЕКА, Италия);
- Найберг Карен Луджин (бортинженер МКС-36/37, НАСА, США);
- Котов Олег Валериевич (бортинженер экспедиции МКС-37, командир экспедиции МКС-38, Роскосмос, Россия);
- Рязанский Сергей Николаевич (бортинженер МКС-37/38, Роскосмос, Россия);
- Хопкинс Майкл Скотт (бортинженер МКС-37/38, НАСА, США).

С 11 ноября 2013 года по 11 марта 2014 года – совместный полет с экипажем МКС-37/38 в следующем составе:

- Котов Олег Валериевич (бортинженер экспедиции МКС-37, командир экспедиции МКС-38, Роскосмос, Россия);
- Рязанский Сергей Николаевич (бортинженер МКС-37/38, Роскосмос, Россия);
- Хопкинс Майкл Скотт (бортинженер МКС-37/38, НАСА, США).

С 28 марта 2014 года по 14 мая 2014 года – совместный полет с экипажем МКС-39/40 в следующем составе:

- Скворцов Александр Александрович (бортинженер МКС-39/40, Роскосмос, Россия);
- Артемьев Олег Германович (бортинженер МКС-39/40, Роскосмос, Россия);

– Свонсон Стивен Рой (бортинженер экспедиции МКС-39, командир экспедиции МКС-40, НАСА, США).

### **Внекорабельная деятельность**

Во время полета экспедиции МКС-38/39 были выполнены 3 выхода в открытый космос.

Первый выход в космос ВКД-36 осуществлен из стыковочного отсека (СО1) «Пирс» 9 ноября 2013 года в скафандрах «Орлан-МК» продолжительностью 5 часов 50 минут. Выход совершили космонавты О. Котов, С. Рязанский из состава экспедиции МКС-37. М. Тюрин проводил фото- и видеосъемку выхода в рамках проведения эстафеты олимпийского огня XXII Олимпийских зимних игр в Сочи.

Второй выход в космос ВКД-37 осуществлен из стыковочного отсека (СО1) «Пирс» 27 декабря 2013 года в скафандрах «Орлан-МК» продолжительностью 8 часов 7 минут. Выход совершили космонавты О. Котов, С. Рязанский. Михаил Тюрин оказывал помощь О. Котову и С. Рязанскому на этапе входа в скафандры. Переход в ПхО и закрытие люка ПхО-СУ (СМ) были выполнены М. Тюриным после окончательной проверки герметичности скафандров.

Третий выход в космос ВКД-37А выполнен 27 января 2014 года из стыковочного отсека (СО1) «Пирс» в скафандрах «Орлан-МК» продолжительностью 6 часов 8 минут. Выход совершили космонавты О. Котов, С. Рязанский. 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 НРС и МРС. После окончательной проверки герметичности скафандров М. Тюрин перенес камеры и разместил их в СО1, перешел в ПхО и выполнил закрытие люка ПхО-СУ (СМ).

### **Выполнение программы научно-прикладных исследований и экспериментов**

Научные эксперименты в период полета экипажа МКС-38/39 выполнялись на основании «Программы реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период тридцать седьмой и тридцать восьмой пилотируемых экспедиций МКС-37 и МКС-38» и «Программы реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период тридцать девятой и сороковой пилотируемых экспедиций МКС-39 и МКС-40».

В ходе полета экипаж выполнил 38 экспериментов, из них 8 – в автоматическом режиме.

*Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса:*  
ТХН-9 «Кристаллизатор».

*Исследование Земли и Космоса:*  
ИКЛ-2 «БТН-Нейтрон» (автомат);  
ГФИ-1 «Релаксация»;  
ГФИ-8 «Ураган»;  
ГФИ-11 «Обстановка»;  
ГФИ-19 «Сейсмопрогноз»;  
ГФИ-28 «Микроспутник» (автомат);  
ДЗЗ-13 «Сейнер»;

ДЗЗ-17 «Напор-миниРСА»;  
КПТ-22 «Экон-М».

*Человек в космосе:*

МБИ-16 «Взаимодействие»;  
МБИ-19 «Виртуал»;  
МБИ-28 «Хроматомасс-спектр М» (эксперимент выполняется без участия космонавтов);  
РБО-3 «Матрешка-Р»;  
монтаж дозиметра Р-16 для СРК.

*Космическая биология и биотехнология:*

БИО-2 «Биориск»;  
БИО-4 «Аквариум» (этап «Аквариум-АQN»);  
БИО-5 «Растения» (этап «Термо-ЛАДА»);  
БТХ-6 «АРИЛ»;  
БТХ-10 «Конъюгация»;  
БТХ-11 «Биодеградация»;  
БТХ-14 «Биоэмульсия»;  
БТХ-26 «Каскад»;  
БТХ-39 «Асептик»;  
БТХ-42 «Структура»;  
БТХ-43 «Константа».

*Технологии освоения космического пространства:*

ТЕХ-14 «Вектор-Т» (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-5 «Великое начало»;  
КПТ-10 «Кулоновский кристалл».

*Новые эксперименты:*

ГФИ-19 «Сейсмопрогноз»;  
БИО-5 «Растения» (этап «Термо-ЛАДА»);  
ПКЭ-5 «Капля-2».

При выполнении эксперимента «Сейнер» желательно сообщать экипажу результаты выполненной работы.

Комплект аппаратуры по эксперименту «Релаксация» находится в эксплуатации в течение длительного времени (несколько экспедиций). Для эффективного использования необходимо предусмотреть проведение ее периодической инвентаризации, оценки состояния и замены устаревших составных элементов.

Расположение оборудования по эксперименту «Капля-2» затрудняло свободный проход в ТПК, в результате чего не обеспечивалась в полной мере безопасность экипажа в случае возникновения аварийных ситуаций.

Неоправданно много времени у экипажа занимало копирование файлов с результатами экспериментов с одного носителя информации на другой.

Радиограммы по научным экспериментам содержат большое количество страниц, в которых указана избыточная информация, а также неоправданная детализация выполняемых операций.

### **Заключение**

Подводя итоги результатов подготовки и выполнения программы полета экипажа длительной экспедиции МКС-38/39, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Уровень подготовленности экипажа МКС-38/39 по транспортному кораблю «Союз ТМА» и российскому сегменту МКС позволил экипажу успешно выполнить запланированную программу космического полета.

2. Полет экипажа МКС-38/39 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами.

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.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Виноградов П.В., Мисуркин А.А. Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-35/36 при выполнении программы космического полета // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(10). – 2014. – С. 4–16.

[2] Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-36/37 при выполнении программы космического полета // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(11). – 2014. – С. 4–17.

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-38/39  
(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-38/39. Дается краткая характеристика функционирования систем медицинского обеспечения полета и поддержания стабильности среды обитания космонавтов на РС МКС. Подведены итоги выполнения рекомендаций медицинских специалистов, программы медицинского контроля и использования бортовых средств профилактики нарушения состояния здоровья космонавтов в полете.

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

**Express Analysis of Medical Support of the ISS-38/39 Crew Members.****V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova**

The paper presents the results of medical maintenance of the ISS-38/39 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**

7 ноября 2013 года в 07:14:15 ДМВ с 5-й пусковой установки 1-й площадки космодрома Байконур стартовые расчеты предприятий Роскосмоса осуществили пуск ракеты-носителя «Союз-ФГ» с пилотируемым космическим кораблем «Союз ТМА-11М».

В составе экипажа: командир корабля бортинженер-7 экспедиции МКС-37 и бортинженер-4 МКС-38/39 инструктор-космонавт-испытатель 1-го класса Роскосмоса Михаил Владиславович Тюрин; бортинженер-1 корабля, бортинженер-8 МКС-37 и бортинженер-5 МКС-38/39 астронавт НАСА Ричард Алан Мастраккио; бортинженер-2 корабля, бортинженер-9 МКС-37, бортинженер-6 МКС-38 и командир МКС-39 астронавт ДжАКСА Коити Ваката. Позывной экипажа – «Восток».

Автономный полет корабля до стыковки проходил по короткой четырехвитковой схеме.

После выполнения маневров сближения 07.11.13 г. в 13:28 ДМВ была проведена стыковка ТПК № 711 с МКС штатно, в автоматическом режиме, ОПЛ – в 15:44 ДМВ.

Общее время работы в этот день, с учетом времени работ в ТПК и на станции, составило у КК 11,5 часа, у БИ и БИ-2 по 9–10 часов, период бодрствования, после отдыха (сна) на Земле до отхода ко сну на МКС, составил 23,5 часа.

После перехода на станцию функции БИ-7 в составе совместного экипажа МКС были возложены на космонавта М. Тюрина, БИ-8 – на астронавта НАСА Р. Мастраккио и БИ-9 – на астронавта ДжАКСА К. Ваката.

В первые часы пребывания на станции после стыковки ТПК № 711 всем космонавтам был проведен инструктаж по безопасности, выполнены сушка СК, консервация ТПК № 711 и другие работы.

После завершения работ на станции экипажу МКС-38 был предоставлен отдых с 19:00 до 06:00 GMT (08.11.13 г.).

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений», с 08.11.13 г. прибывшему экипажу стали планировать время по 1 часу на адаптацию и ознакомление со станцией за счет сокращения рабочей зоны.

09.11.13 г. при выполнении операции «Выход» БИ-7 оказывал помощь БИ-1 и БИ-2 при шлюзовании до и после ВКД. Время работы в этот день у БИ-7 составило 11 часов 20 минут.

10.11.13 г. после завершения укладки возвращаемых грузов на ТПК № 709 была проведена расстыковка этого корабля от МКС. Перед расстыковкой ТПК № 709 была проведена церемония передачи командования, в результате которой КЭ МКС стал космонавт О. Котов, функции БИ-2 остались за С. Рязанским, а функции БИ-3 были возложены на М. Хопкинса, БИ-4 – на космонавта М. Тюрина, БИ-5 – на Р. Мастраккио и БИ-6 – на К. Ваката.

На 4-й неделе полета в связи с проведением тестового сближения ТГК № 421 с целью испытаний аппаратуры «Курс-НА» для последующей стыковки грузовика ТГК № 421 режим работы экипажа был изменен. В дни 27.11–30.11.13 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. Несмотря на имевшие место сдвиги зоны сна в отдельные дни, РТО экипажа, по мнению специалистов ГМО, оценивался как штатный. Подтверждением тому могло послужить то обстоятельство, что небольшие сдвиги, осуществляемые вправо по временной шкале, значительно лучше и спокойнее воспринимаются космонавтами, нежели сдвиги, проводимые влево по временной шкале.

На 7-й неделе было выполнено 2 внеплановых ВКД-24, 25 из АС. По просьбе американских специалистов БИ-4 принял участие в поддержке этих ВКД.

27.12.13 г. (8-я неделя полета) КЭ и БИ-2 выполнили ВКД-37. Продолжительность ВКД составила 8 часов 07 минут (планировалось 7 часов). Во время проведения ВКД БИ-4 находился в СМ – при шлюзовании до и после ВКД оказывал помощь КЭ и БИ-2. Время работы в этот день у БИ-4 составило 10 часов. РТО в день выполнения ВКД был напряженным: общее время работы у БИ-4 составило 10, а период бодрствования – 20,5 часа. В остальные рабочие дни 8-й недели плановое среднесуточное время работ у российских космонавтов было значительно меньше номинальных величин – у БИ-4 оно не превышало 5,5 часа.

На 9-й неделе полета экипажу планировалось 3 рабочих и 4 дня отдыха. Дополнительные дни отдыха были запланированы экипажу 01.01.14 г. – в связи с празднованием в России Нового года и 02.01.14 г. – в качестве компенсации за работу в дни отдыха на предыдущей неделе.

На 12-й неделе после проведенной подготовки КЭ и БИ-2 27.01.14 г. выполнили операцию «Выход» (ВКД-37А). БИ-4 в день ВКД оказывал помощь КЭ и БИ-2 при шлюзовании до и после ВКД. Время работы в этот день у БИ-4 составило 7 часов 40 минут, период бодрствования – 19 часов.

В ночь с 05 на 06.02.14 г. (14-я неделя) в 01:22 ДМВ была проведена стыковка ТГК № 422 в автоматическом режиме. Контроль стыковки ТГК с МКС осуществляли БИ-4 вместе с КЭ О. Котовым. Перед стыковкой сон космонавтам планировался 11,5 часа (с 21:30 до 09:00 GMT 05.02.14 г.). После стыковки грузовика сон планировался со сдвигом вправо на 3 часа (с 00:30 до 09:00 GMT). В последующие дни сон планировался в штатное время.

В следующие три недели (15-я, 16-я и 17-я) РТО экипажа оценивался как штатный, ненапряженный. Рабочая нагрузка у БИ-4 планировалась в пределах нормативных величин, а в отдельные дни она сокращалась до 6 часов. БИ-4, в основном, занимался текущими работами на станции, выполнением научных экспериментов и другими работами. Фактическое время работы космонавта было несколько ниже плановых величин. Экипажу планировалось по 5 рабочих и 2 дня отдыха в неделю. На 16-й неделе полета было запланировано три выходных дня в связи с празднованием в России Дня защитника Отечества. Предоставленные дни отдыха частично были заняты выполнением небольших по объему плановых и дополнительных работ по Task List. Основное же время выходных дней использовалось по усмотрению экипажа.

На 21-й неделе полета были отмечены следующие особенности в деятельности космонавта. В связи с планируемой стыковкой ТПК № 712 с МКС в ночь на 26.03.14 г. подъем экипажа на станции 25.03.14 г. планировался в штатное время – в 06:00, затем предоставлен дневной отдых 4 часа и отход ко сну планировался после стыковки в 09:30 GMT (26.03.14 г.). Но после возникновения нештатной ситуации на ТПК № 712 – сбой в системе ориентации ТПК – для БИ-4 все работы были отменены и ему был рекомендован отдых.

После 2-суточного автономного полета на ТПК «Союз» экипаж в составе КК А. Скворцова, БИ О. Артемьева и БИ-2 С. Свонсона в ночь на 28.03.14 г. произвел стыковку ТПК № 712 с МКС в 23:53 GMT штатно в автоматическом режиме. После ОПЛ и перехода на станцию функции БИ-1 были возложены на космонавта А. Скворцова, БИ-2 – на космонавта О. Артемьева и БИ-3 – на астронавта НАСА С. Свонсона. После завершения рабочего дня 28.03.14 г. всем космонавтам было предоставлено время для отдыха и сна с 11:00 до 06:00 утра 29.03.14 г. продолжительностью 19 часов.

На 23-й неделе полета экипажу были запланированы 3 дня отдыха в связи с празднованием Дня космонавтики.

В дни отдыха космонавты, в основном, были заняты проведением плановых мероприятий по связям с общественностью (поздравления с Днем космонавтики).

09.04.14 г. БИ-4 и БИ-1 провели стыковку ТГК № 427 с МКС в 21:14 GMT штатно, в автоматическом режиме. После стыковки ТГК и ОПЛ экипаж занимался разгрузкой прибывшего «грузовика».

На 25-й неделе полета 23.04.14 г. была проведена расстыковка ТГК № 421, а через день, 25.04.14 г., состоялась стыковка ТГК № 421 с МКС. Операцию по стыковке ТГК проводили БИ-4 и БИ-1. Во время стыковки ТГК № 421 осуществлялась проверка работы новой аппаратуры «Курс-НА». Стыковка ТГК прошла штатно, в автоматическом режиме.

В связи с завершением полета и в соответствии с требованиями «Основных правил и ограничений» на 26-й неделе, начиная с 30.04.14 г., рабочая нагрузка у БИ-4 была сокращена на 1 час. А это время (1 час) стали планировать на подготовку к возвращению на Землю. БИ-4 в основном занимался подготовкой возвращаемых и удаляемых грузов с последующей укладкой грузов в ТПК № 711, под-



готовкой к спуску на ТПК «Союз» и другими работами. 12.05.14 г. в конце рабочего дня на станции была проведена церемония передачи командования, в результате которой, КЭ МКС стал астронавт НАСА С. Свонсон, и был подписан Акт о передаче смены между БИ-4 и БИ-1 по РС.

В ночь с 13.05.14 г. на 14.05.14 г., после завершения укладки грузов в ТПК «Союз» и расконсервации корабля, в 01:34 ДМВ была проведена расстыковка ТПК № 711, посадка СА осуществлена 14.05.14 г. в 04:58 ДМВ в заданном районе.

Таким образом, 188-суточный полет был успешно завершён.

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

Общее полетное время экипажа МКС-38/39 составило 188 суток, из которых БИ-4 планировалось 123 рабочих и 65 дней отдыха, из них 5 дней были неполными днями отдыха (отдых полдня). Фактически по сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, у БИ-4 было 42 полноценных (полных) дня отдыха, когда время работы не превышало двух часов, 15 – неполных дней отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от двух до четырех часов, и 8 дней практически были рабочими днями, когда время работы составило более четырех часов.

За весь полет суммарная плановая продолжительность работ в дни отдыха у БИ-4 составила 97 часов. Фактически в дни отдыха БИ-4 на выполнение рабочих операций затратил более 110 часов. На работы по программе Task List в дни отдыха БИ-4 планировалось 102 часа. Фактически на эти работы БИ-4 затратил 7 часов 10 минут. Общее время работ в дни отдыха у БИ-4 составило 119 часов. В данном полете, как всегда, планировались работы по программе Task List в рабочие дни – в основном выполнение научных экспериментов. На выполнение данной программы работ БИ-4 планировалось 163 часа. Фактически на ее выполнение БИ-4 затратил около 7 часов. За весь полет на выполнение дополнительных работ, включая Task List, по инициативе экипажа и плановые работы БИ-4 затратил более 71 часа, что практически равноценно 11 рабочим дням при плановой рабочей нагрузке 6,5 часа в день.

Относительно сна БИ-4 отметил, что спал он плохо из-за высокой температуры воздуха, спать было жарко, продолжительность сна составила 7–8 часов.

Выделение времени по 1 часу на подготовку к возвращению было очень разумно и своевременно. Плановых дней отдыха вполне хватало, программа полета была не перегружена.

РТО экипажа по своей структуре и рабочей нагрузке, в целом, соответствовал требованиям нормативных документов и оценивался как штатный, и, по мнению БИ-4, способствовал выполнению программы полета в полном объеме.

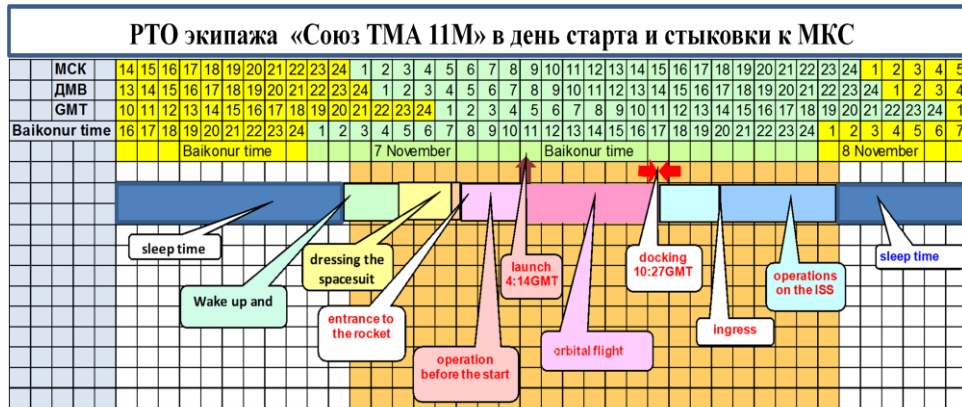
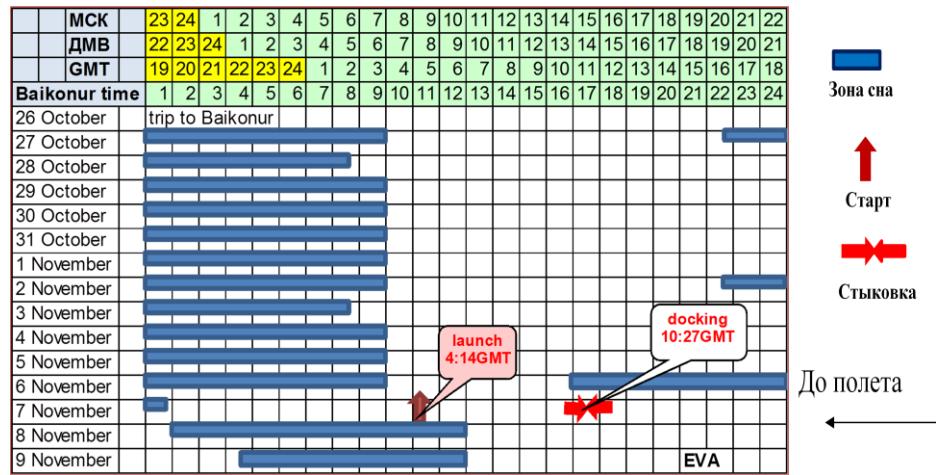
В отдельные периоды и дни полета, в силу ряда объективных причин, РТО был напряженным.

На начальном этапе полета (1-я неделя, 1-е сутки полета) напряженность была обусловлена выполнением сложной динамической операции по стыковке ТПК с МКС, увеличением времени на рабочие операции в этот день до 11,5 часа и увеличением продолжительности периода бодрствования до 23,5 часа.

Кратковременные периоды напряженности РТО (1–2 дня) в течение всего полета отмечались в дни, когда космонавты выполняли ответственные операции, такие как ВКД-37 и 37А (выполняли КЭ и БИ-2), стыковка ТПК № 422, № 427 и ТПК № 712 в вечернее и ночное время, расстыковка ТПК № 710, расстыковка и

посадка ТПК № 711. В эти дни продолжительность плановых работ у БИ-4 увеличивалась до 7,5–11,5 часа, продолжительность бодрствования – до 19–23,5 часа, при этом зона сна смещалась на 1,5–10,5 часа влево или на 1,5–4,5 часа вправо по временной шкале, в зависимости от характера (вида) выполняемых динамических операций (рис. 1).

На заключительной неделе полета БИ-4 выполнил большой объем работ по подготовке возвращаемых грузов и выполнению операции по спуску ТПК № 711 в ночное время.



Зона бодрствования – до 23 часов

Рис. 1. РТО в период предстартовой подготовки

**Состояние здоровья и медицинское обеспечение членов экипажа в полете**

По данным медицинского контроля самочувствие и состояние здоровья членов экипажа транспортного корабля «Союз ТМА-11М» № 711 во время выведения и орбитального полета было хорошим.

Процесс адаптации к невесомости проходил без осложнений. Отмечалась небольшая одутловатость лица и изменение тембра голоса. При выведении перегрузки ощущались мягко, чувствовалась небольшая вибрация. Симптомов космической болезни движения не было. Изделие «Браслет-М» не использовали. В корабле принимали пищу, пили сок.

При переходе на станцию самочувствие было хорошее. Сон полноценный, составил примерно 7 часов, медикаменты не применялись.

Заболеваний во время полета не отмечено.

Медицинское обеспечение экипажей МКС-38/39 осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям на Международной космической станции (ISS MORD). Многосторонние медицинские комиссии и полетные врачи контролировали планирование и реализацию медицинских операций. 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-38/39 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 реадaptационных сдвигах.

## **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 периодически пониженной относительной влажности. Общее давление в СМ по данным мановакуумметра колебалась в пределах 733–755 мм рт. ст.

В сеансах радиосвязи жалоб на температурный дискомфорт и сухость воздуха от экипажа не поступало.

07.01.14 г. в связи с солнечной орбитой в конце недели экипаж отмечал повышенную температуру на РС в общем и в каютах, что доставляло дискомфорт, затем температурный режим оценивался как приемлемый.

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.

Для оптимизации влажностного режима временно отключались СКВ в РС.

Функционировали постоянно действующие системы российского сегмента:

БМП, СРВ-К2М, СКВ-1, 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.

Каких-либо замечаний на температурно-влажностный дискомфорт от экипажа ТПК не поступало.

Каких-либо замечаний на температурно-влажностный дискомфорт от экипажа ТПК «Союз ТМА-11М» не поступало.

**Санитарно-гигиеническое состояние МКС**

При ежемесячных отборах проб воздуха пробоотборником ИПД в СМ монооксида углерода не определялось; при отборах проб воздуха в СМ 09.03.14 г. и 11.05.14 г. пробоотборником ИПД аммиака не обнаружено.

Еженедельно экипаж проводил плановую уборку станции. В сеансах радиосвязи замечаний от экипажа не поступало.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа, на протяжении всего полета БИ-4 санитарно-гигиеническую обстановку на станции оценивал как достаточно комфортную, обычную.

08.11.13 г. БИ-7 экипажа МКС-37 сообщил, что разместился на РС в МИМ1.

12.11.13 г. БИ-4 экипажа МКС-38 сообщил, что на период ночного отдыха перешел в каюту в СМ, средства защиты слуха не использует.

По данным американской стороны при полетном микробиологическом анализе воды 06.11.13 г. отмечено превышение допустимого количества микрофлоры (непатогенной) в пробах из СВО-ЗВ и СРВ-К2М-теплая. В связи с этим на борт были отправлены рекомендации (14.11.13 г.) по обеззараживанию при использовании воды для питья из ЕДВ-ЗВ и СРВ-К2М.

19.11.13 г. проведена замена вентиляторов ВГЖТ1 и ВГЖТ4 в СМ РС МКС на малошумные, после чего экипаж сообщил, что шум значительно уменьшился (по данным шумомера на 8 дБ). 20.11.13 г. проведена замена вентиляторов ВТК-1 и ВТК-2 в СМ РС МКС на малошумные. БИ-2 доложил, что интенсивность шума в районе ВТК-1 (после замены) практически не изменилась.

БИ-4 средства защиты слуха не использовал; периодически закрывал дверь каюты на ночь.

07.01.14 г. проведена обработка препаратом «Фунгистат» проблемных поверхностей конструкции СМ.

08.01.14 г.–10.01.14 г. проведены работы по удалению загрязнений с панелей интерьера в обитаемых отсеках РС МКС.

Замечаний по одежде, средствам гигиены не было.

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.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа, на всем протяжении полета аппетит был хороший, водопотребление в норме.

08.11.13 г. во время автономного полета в корабле принимали пищу, пили сок.

18.02.14 г. отметили положительные впечатления от свежих продуктов, доставленных на «Прогрессе» № 422. Ассортимент продуктов широкий.

**Результаты акустических измерений**

В период 02.12.13 г.–04.12.13 г. проводилось определение индивидуальной шумовой нагрузки на членов экипажа и измерение эквивалентных уровней звука в районе тренажера Т2 (Node 3) и в МИМ1 (за дневной и ночной периоды времени) с использованием индивидуальных акустических дозиметров (LAD, фирмы Noise Pro).

Анализ полученных данных показал, что индивидуальная шумовая нагрузка за дневной период превышает предельнодопустимый уровень (ПДУ) как у российских космонавтов (на 3,4–6,5 дБА), так и у американских астронавтов (на

4,6–8,7 дБА), а за ночной период времени значительное превышение акустической нагрузки (до 15,3 дБА) имеет место у российского члена экипажа (БИ-4).

По сравнению с предыдущими исследованиями (06.08.13 г.) шумовая нагрузка у БИ-4 за дневной период повысилась на 2,3 дБА, а за ночной снизилась на 4,2 дБА.

Всем членам экипажа было рекомендовано использовать средства индивидуальной защиты слуха (беруши или наушники с активным шумоподавлением) при работе в местах расположения шумящего оборудования (в том числе при выполнении тренировок на тренажере Т2).

БИ-4 рекомендовали на период сна закрывать дверь каюты и использовать средства индивидуальной защиты слуха.

21.01.14 г. исследования акустической обстановки проводились в модулях российского (СМ, МИМ1) и американского (Cygnus PCM1, Lab, Node1, Node2, JPM, Columbus, ATV3 и РМА1) сегментов МКС с использованием шумомера SLM.

Акустические замеры проводились по общему уровню (La, дБА) и уровням звукового давления (La, 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 экипажей.

Полученные результаты оценивались на соответствие ГОСТ Р 50804-95 и SSP 50094.

Анализ полученных данных по РС МКС показал, что на рабочих местах превышения допустимых уровней звука составили 1,4–7,8 дБА, с максимальным значением в ПхО; в каютах превышения допустимых уровней звука составили 4,9–5,4 дБА.

В СМ на рабочих местах отмечено снижение уровня шума на 1,1–2,6 дБА.

Рекомендовано использовать средства индивидуальной защиты от шума (наушники с активным шумоподавлением, беруши) в период работы в местах шумящего оборудования, при открытых панелях, во время выполнения упражнений на тренажерах.

12.03.14 г.–13.03.14 г. проводились работы по определению индивидуальной шумовой нагрузки за дневной и ночной периоды времени с использованием индивидуальных акустических дозиметров (IAD, фирмы Noise Pro).

Сравнение данных российского члена экипажа БИ-4 с предыдущими измерениями (от 27.01.14 г.–29.01.14 г.) показало, что у БИ-4 шумовая нагрузка за дневной период понизилась на 5,1 дБА, а за ночной период практически не изменилась.

### **Радиационная обстановка в РС МКС**

За время полета радиационная обстановка внутри станции оставалась спокойной. Накопленная поглощенная доза за полет у членов экипажа составила 6,05 сГр (60,5 мГр), что не превышает допустимые значения доз, определенных согласно Flight Rules В 14.2.2-12 и Гост 25645.215-85.

В период с 25.12.13 г. по 31.12.13 г. радиационная обстановка внутри станции была слабо возмущенная. 26 декабря и 28 декабря произошли солнечные протонные события. 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 01.01.14 г. по 7.01.14 г. радиационная обстановка внутри станции была слабо возмущенная. 5, 6 и 7 января произошли солнечные протонные события. По показаниям бортовых дозиметров ТЭПС и ДБ8 радиационная обстановка оставалась невозмущенной. Дополнительная поглощенная доза за время произошедших солнечных вспышек не превысила 1–2 мрад.

Дозиметрический контроль радиационной обстановки в РС МКС с использованием аппаратуры «Дозиметр «ПИЛЛЕ-МКС» 08.05.14 г. показал, что наименьшая мощность поглощенной дозы зарегистрирована в NOD левая каюта на месте сна российского члена экипажа и в СМ на панели 435. Большая мощность поглощенной дозы зарегистрирована в правой каюте СМ.

Все датчики находились в работоспособном состоянии. Значения измеренной мощности поглощенной дозы остаются в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

### Система профилактики в полете

БИ-4 с 12.11.13 г. планировались физические тренировки на БД-2. 13.11.13 г. БИ-4 планировалось ознакомление с ФТ на ВБ-3М (рис. 2).

С 14.11.13 г. физические тренировки планировались по российской программе, два раза в день общей продолжительностью 2,5 часа на БД-2 и ВБ-3М.

С 14.04.14 в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета и рекомендациями специалистов ИМБП, планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке БД-2 и ОДНТ-тренировки (с 29.04.14 г.).

По ежедневным докладам экипажа физические тренировки выполнялись в основном в полном объеме.

Профилактическое изделие «Браслет» не использовал.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа на протяжении всего полета БИ-4 физические тренировки выполнял в соответствии с формой 24.

В первой половине полета тренировки выполнялись по индивидуальному протоколу. В тренировках использовался монотонный бег сериями (7–8 мин) в активном режиме с постоянной скоростью 8–10 км/ч. Уровень физической тренированности БИ-4 оценивался как удовлетворительный.

Во второй половине полета в основном тренировки выполнялись по первому дню микроцикла.

Уровень физической тренированности БИ-4 оценивался как хороший и возрастал к окончанию полета.

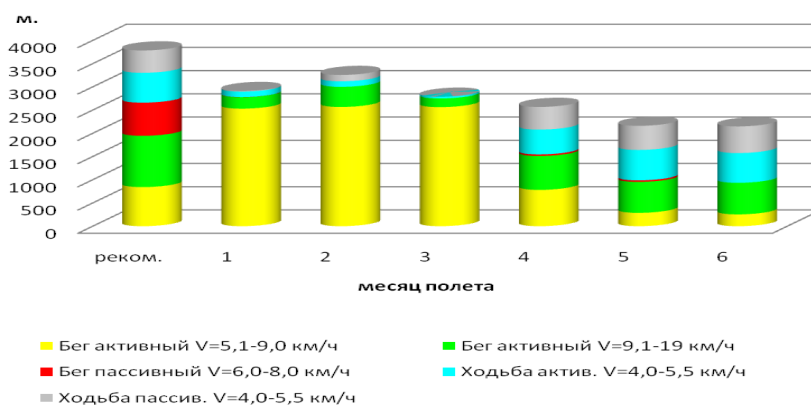


Рис. 2. Относительное распределение различных режимов локомоций за одну тренировку у БИ-4 МКС-38/39

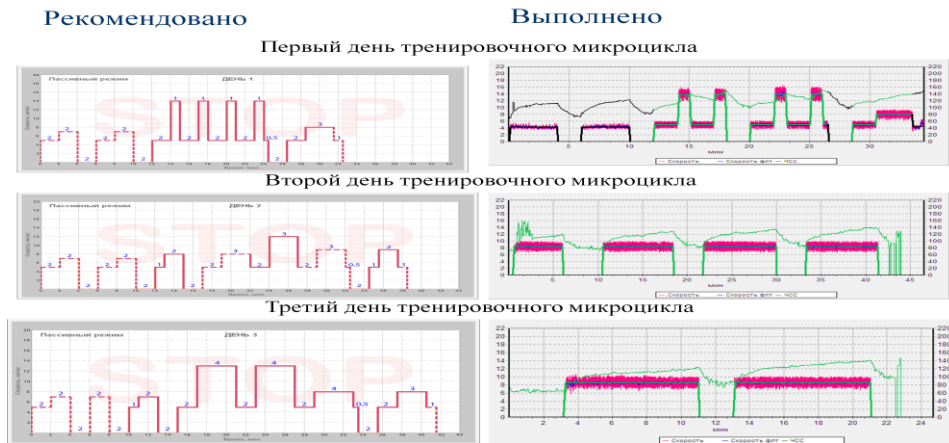


Рис. 3. Схемы локомоторных тренировок БИ-4 МКС-38/39

На рис. 3 видно, что реализован практически первый день тренировочного микроцикла. Он примерно соответствовал рекомендованному, хоть и не полностью, но был приближен. Второй и третий день несколько модифицировались. У российского члена экипажа БИ-4 отмечались приемлемые характеристики миографической стоимости ходьбы. Важные выводы, которые можно сделать после модифицированной схемы БИ-4, что фактически проведен эксперимент, когда даже неполное использование локомоторной нагрузки приводит к выводам о том, что опорная ориентация является ключевым звеном. Показана возможность предотвратить негативные эффекты невесомости для поздней эктанической мускулатуры за счет достаточной стимуляции опорного входа во время бега. Силовой тренажер позволяет снизить потери или даже увеличить мышечную массу во время полета.

По ОДНТ-тренировки надо сказать, что были выполнены необходимые тренировки в те сроки, которые показаны на схеме (рис. 4).

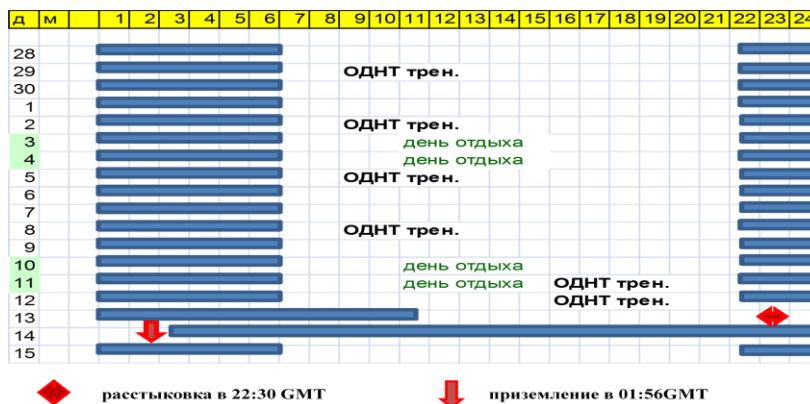


Рис. 4. ОДНТ-тренировки на заключительном этапе полета

### Медико-биологические эксперименты в период МКС-38/39

Медико-биологические эксперименты в период полета экипажа МКС-38/39 были выполнены полностью (рис. 5). Программа состояла из 6 полетных и 13 послеполетных экспериментов.

У всех членов экипажа МКС-38/39 выполнены исследования в рамках эксперимента «Полевой тест» на месте посадки в санитарно-эвакуационной палатке. Объем исследований определялся самочувствием и желанием каждого из членов экипажа.

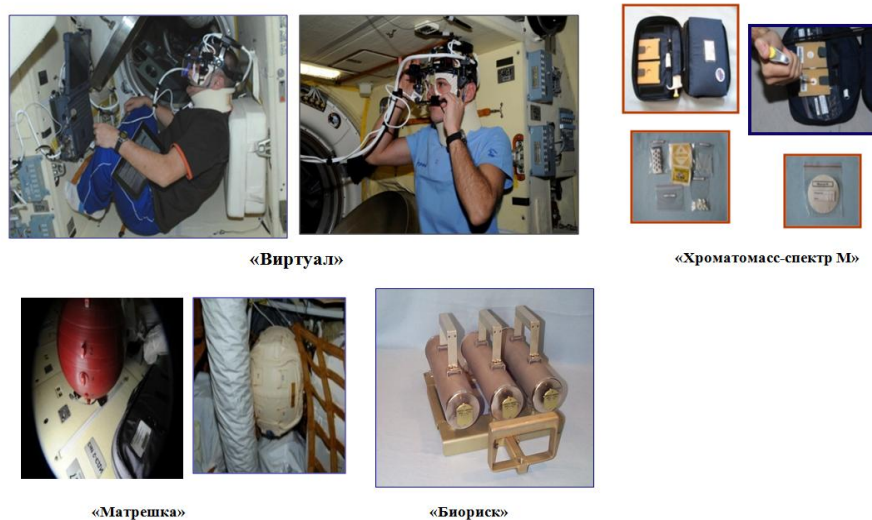


Рис. 5. Медико-биологические эксперименты в период полета МКС-38/39

### Заключение

Медицинское обеспечение здоровья экипажей МКС-38/39 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  
 ВВ-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 терморегуляции  
 ФГБ – функциональный грузовой блок



# ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

## THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.78.072.8

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Ю.В. Лончаков, Б.А. Наумов, В.П. Хрипунов

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ, докт. техн. наук Ю.В. Лончаков; лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, докт. техн. наук, доцент Б.А. Наумов; канд. техн. наук, доцент В.П. Хрипунов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассматриваются вопросы создания на базе Центра подготовки космонавтов интегрированного комплекса технических средств подготовки космонавтов. Показаны преимущества тренажерного комплекса по отношению к автономным тренажерам. Раскрыты основные направления совершенствования комплекса технических средств подготовки космонавтов.

**Ключевые слова:** тренажерный комплекс, автономный тренажер, интегрированный комплекс технических средств подготовки космонавтов, инновации.

#### **Basics of the Creation of an Integrated Technical Complex for Cosmonaut Training at Gagarin CTC. Yu.V. Lonchakov, B.A. Naumov, V.P. Khripunov**

The paper considers the issues of the creation of an integrated technical complex for cosmonaut training on the base of GCTC. Also, it shows the advantages of this complex over autonomous simulators and describes main directions of its development.

**Keywords:** simulator complex, autonomous simulator, integrated technical complex for cosmonaut training, innovations.

#### **Введение**

Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (НИИ ЦПК) – ведущая организация России в области подготовки космонавтов, один из основных элементов космической инфраструктуры. За 54 года своей деятельности Центр стал крупной научно-образовательной и испытательной организацией, имеющей уникальную техническую базу и высококвалифицированный научно-технический персонал.

Важную роль в российской системе подготовки космонавтов играют технические средства подготовки космонавтов (ТСПК). К ним относятся устройства и системы, позволяющие имитировать условия полета пилотируемого космического аппарата (ПКА), эргатические процессы на его борту и во внекорабельном пространстве, а также проводить испытания отдельных объектов космической техники.

Комплекс ТСПК предназначен для проведения подготовки космонавтов к полету на всех типах ПКА, на всех этапах подготовки и по всем ее разделам в соответствии с целью, задачами и программой предстоящего космического полета.

Основные задачи, решаемые комплексом ТСПК:

- техническая подготовка космонавтов по системам и полезным нагрузкам ПКА;
- отработка навыков и умений выполнения отдельных операций и режимов управления ПКА;
- управление научной аппаратурой при выполнении исследований и экспериментов на борту ПКА;
- изучение конструкции ПКА;
- проведение тренировок по комплексной эксплуатации бортовых систем и полезных нагрузок ПКА, включая выполнение монтажно-демонтажных работ, операций управления и технического обслуживания как в штатных режимах полета, так и в нештатных ситуациях;
- проведение тренировок космонавтов по действиям в аварийных ситуациях;
- проведение тренировок в моделируемых условиях воздействия факторов космического полета (в гидролаборатории и барокамерах, на центрифуге и летающих лабораториях);
- отработка методик выполнения полетных операций;
- выполнение исследований по совершенствованию методик подготовки космонавтов;
- подготовка наземного персонала Центра управления полетами;
- практическая подготовка инструкторско-преподавательского персонала ЦПК;
- проведение работ по макетированию и отработке методик выполнения отдельных операций на борту ПКА представителями головного разработчика летного изделия с использованием полномасштабных тренажеров ЦПК.

В настоящее время комплекс ТСПК обеспечивает техническую подготовку космонавтов на всех этапах подготовки по всем основным ее видам [рис. 1].

Современные ТСПК должны обеспечивать:

- соответствие функциональных возможностей тренажерных средств задачам подготовки космонавтов;
- адекватность моделируемого ПКА условиям космического полета;
- безопасность работы экипажа и оперативного персонала при проведении тренировок;
- контроль и управление тренировочным процессом;
- задание необходимых для управления процессом обучения начальных условий и ситуаций;
- регистрацию показателей деятельности экипажа (отклонений от нормативной деятельности) для последующего разбора занятия, анализа и оценивания уровня подготовленности [1].

Процесс разработки требований к перспективным тренажерам является многоэтапным и итерационным. На ранних стадиях разработки тренажеров формируются общие требования к тренажеру и его подсистемам. В дальнейшем требования к имитируемым бортовым системам тренажера, интерфейсу экипажа и инструктора конкретизируются и уточняются в результате системного анализа деятельности экипажей в ходе космического полета на борту ПКА и результатов тренировок экипажей на разрабатываемом тренажере.



Рис. 1. Комплекс технических средств подготовки космонавтов по РС МКС

Основные требования, предъявляемые к создаваемому комплексу ТСПК, целесообразно представить в следующем виде:

- достаточность технических средств подготовки;
- соответствие создаваемых технических средств подготовки требованиям системы подготовки космонавтов;
- своевременный ввод в строй всех элементов комплекса ТСПК;
- возможность проведения доработок и модернизации технических средств на протяжении всего их жизненного цикла;
- информация, предоставляемая в процессе тренировок экипажу, должна быть максимально приближенная к реальной, не допускается привитие ложных навыков [1].

Структуру комплекса ТСПК можно рассматривать как комбинацию структур построения ТСПК, сочетающую в себе совокупность автономных тренажерных средств и совокупность тренажерных комплексов. Формирование состава комплекса ТСПК происходит за счет покрытия пространства задач подготовки космонавтов функциональными возможностями тренажерных средств. Типы тренажерных средств и их количество определяются исходя из методических требований системы подготовки. Состав, количество и способы построения технических средств подготовки должны определяться таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить должный уровень подготовки, а с другой – достичь минимальной стоимости и максимальной эффективности применяемых средств.

Если количество тренажерных средств  $N_{тр}$  представить как зависимость от параметров управления подготовкой, получим:

$$N_{тр} = f [O, A, S, K, F, L],$$

где в правой части формулы представлены параметры, влияющие на количественный состав комплекса ТСПК:

$F$  – внешнее возмущающее воздействие среды (условия проведения тренировок, степень подготовленности инструкторского состава);

$K$  – множество корректирующих воздействий;

$S = \{S_m, m = 1, M\}$  – множество членов экипажа;

$O = \{O_i, i = 1, N\}$  – множество полетных операций в программе полета, определенные для отработки на тренажерных средствах;

$A = \{A_j, j = 1, Q\}$  – множество расчетных нештатных ситуаций, определенных для отработки на тренажерных средствах;

$L = \{L_{o1}, L_{om}\}$  – начальный уровень подготовленности членов экипажа.

В настоящее время мы имеем устойчивую тенденцию возрастания количества полетных операций на борту МКС, увеличения количества одновременно проходящих подготовку экипажей, усложнение программы полета [2], что соответственно приводит к количественному увеличению технических средств подготовки [1, 3] (рис. 2).

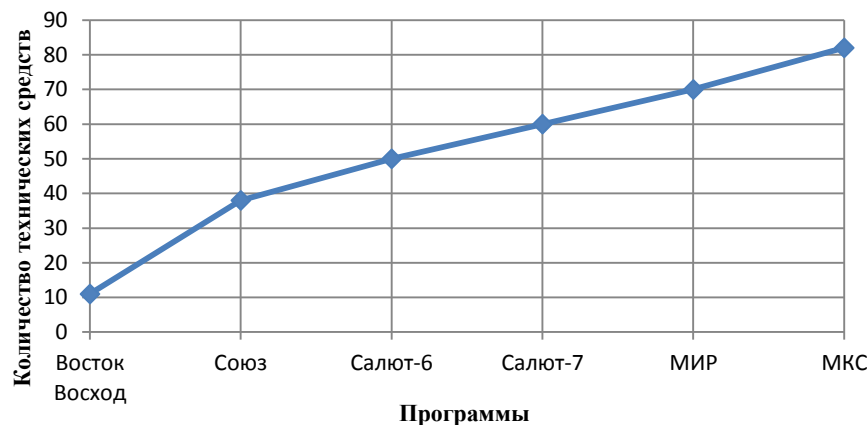


Рис. 2. Количественный состав ТСПК по различным космическим программам

Учитывая тенденции увеличения продолжительности эксплуатации орбитальных комплексов и соответственно увеличения продолжительности эксплуатации комплекса ТСПК, увеличения его количественного состава, технического усложнения космических тренажеров, организационные и технические сложности по своевременному созданию ТСПК, возникает несколько вопросов.

Во-первых, как достичь рациональности при формировании и создании комплекса ТСПК; во-вторых, как повысить качество тренажерных средств; в-третьих, как осуществить унификацию аппаратных и программных составляющих технических средств подготовки и, в-четвертых, как рационально выстроить систему эксплуатации такого технического комплекса.

На наш взгляд, разрешение этих вопросов возможно только на основе инновационных подходов к организации формирования и создания комплекса ТСПК.

### **Анализ комплекса технических средств подготовки космонавтов НИИ ЦПК**

Наибольший интерес для анализа представляет комплекс ТСПК по российскому сегменту МКС (РС МКС).

С учетом большого количества разнообразных задач, связанных с выполнением программы полета, для профессионально-практической подготовки космонавтов используются различные технические средства, отличающиеся назначением, конструкцией, объемом и характером решаемых задач. При этом можно выделить следующие основные типы технических средств подготовки:

- обучающие стенды – предназначены для проведения теоретических и практических занятий по изучению состава системы (прибора), их работы в различных режимах;

- функционально-моделирующие стенды (ФМС) – воспроизводят (моделируют) работу отдельных приборов и систем, либо отдельные режимы полета;

- специализированные тренажеры – предназначены для подготовки экипажей к выполнению определенных частных задач и наиболее важных операций (ориентации, стыковки, спуска с орбиты и т.д.);

- комплексные тренажеры – позволяют имитировать все режимы функционирования ПКА в полном объеме задач в соответствии с программой полета в штатных режимах полета и нештатных ситуациях;

- бортовые тренажеры – предназначены для проведения занятий на борту МКС по восстановлению навыков выполнения особо важных операций. Они являются принадлежностью борта МКС [1].

Как правило, для каждого пилотируемого космического аппарата (орбитального модуля, транспортного пилотируемого корабля), обеспечивающего выполнение программы полета, создаются комплексные тренажеры и ряд специализированных тренажеров и стендов.

В настоящее время в состав комплекса ТСПК РС МКС входят 82 технических средства подготовки. Из них 52 компонента комплекса созданы специально под задачи МКС. Это комплексные и специализированные тренажеры транспортного корабля (ТК) «Союз ТМА-М», комплексные и специализированные тренажеры тренажерного комплекса орбитальных модулей российского сегмента МКС, а также ФМС и обучающие стенды по наиболее важным бортовым системам МКС. 30 компонентов комплекса ТСПК заимствованы из предыдущих космических программ. Они доработаны и адаптированы под задачи МКС.

На диаграмме 1 показано количественное распределение ТСПК по типам.

Структурно комплекс ТСПК по программе РС МКС состоит из трех компонентов [1, 4, 5] [рис. 3]:

1. Тренажерный комплекс (ТрК).
2. Комплекс автономных тренажеров.
3. Комплекс автономных ФМС, обучающих стендов и имитаторов космического полета.

На рис. 3 представлена структурная схема комплекса ТСПК по программе российского сегмента МКС.

На диаграмме 2 показано количество тренировок, проведенных в период 2000–2014 годов на различных типах ТСПК РС МКС, а на диаграмме 3 – время, затраченное на их проведение.

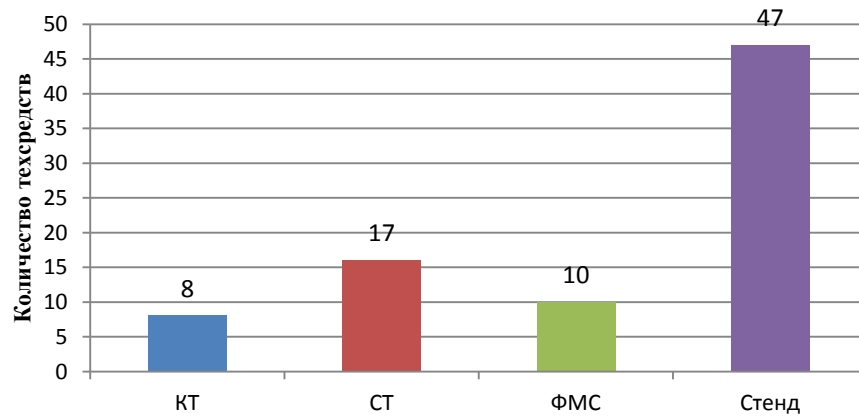


Диаграмма 1. Распределение тренажерных средств по типам  
(КТ – комплексный тренажер; СТ – специализированный тренажер;  
ФМС – функционально-моделирующий стенд; стенд – обучающий стенд)

Тренажеры в составе ТрК РС МКС	Автономные тренажеры	ФМС, обучающие стенды и имитаторы космического полета
<ul style="list-style-type: none"> <li>• «СМ»</li> <li>• «ФГБ»</li> <li>• «МБВС»</li> <li>• «СО1»</li> <li>• «МЛМ»</li> <li>• «ИУС»</li> <li>• Имитатор «АСТ»</li> <li>• «МИМ1»</li> <li>• «МИМ2»</li> <li>• ТГК «Прогресс»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• «ГДК-7СТ3»</li> <li>• «ГДК-7СТ4»</li> <li>• «ГДК-7СТ5»</li> <li>• «Дон-Союз ТМА-М»</li> <li>• «Дон-Союз ТМА-М» №2</li> <li>• Компьютерные тренажеры ТК «Союз ТМА-М»</li> <li>• «Выход-2»</li> <li>• «Телеоператор»</li> <li>• «СТ ГПУ»</li> <li>• «Дон-ЕРА»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Комплекс стендов на базе технологий виртуальной реальности</li> <li>• Гидролаборатория</li> <li>• Центрифуга ЦФ-18</li> <li>• Сурдокамеры</li> <li>• Самолеты-лаборатории</li> <li>• ФМС и стенды по бортовым системам РС МКС и ТК «Союз ТМА-М»</li> <li>• Средства для подготовки по действиям после посадки в различных климато-географических зонах (КГЗ)</li> <li>• Стенды медико-биологической подготовки (МБП)</li> </ul>

Рис. 3. Структурная схема комплекса ТСПК по программе РС МКС

За период 2000–2014 годов для подготовки экипажей на ТСПК российского сегмента МКС было проведено 69 653 тренировки; на проведение тренировок было затрачено 125 525 часов; время, затраченное на эксплуатацию тренажеров (тренировки, доработки, испытания, подготовка к проведению тренировок, регламентные работы, устранение отказов и сбоев), составило 152 707 часов [6].

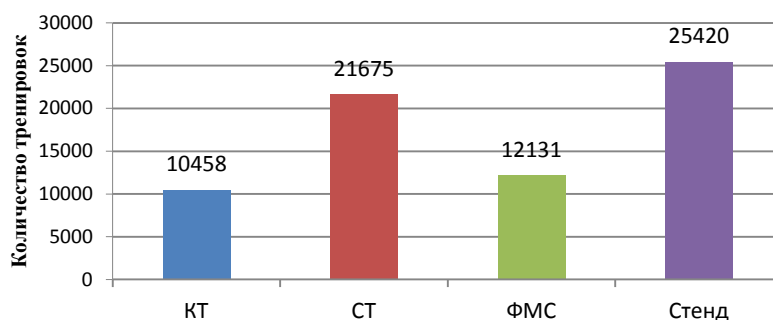


Диаграмма 2. Распределение тренировок по различным типам ТСПК за период 2000–2014 гг.

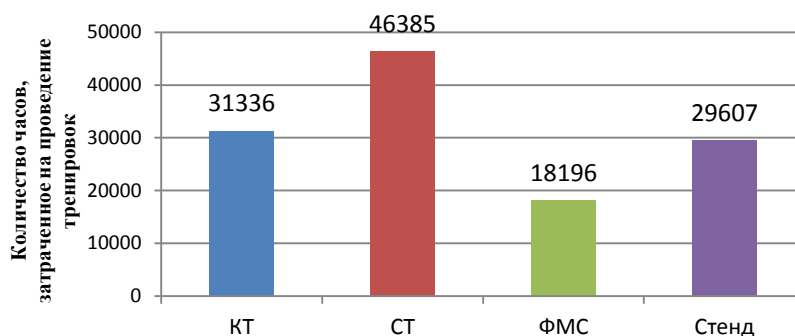


Диаграмма 3. Время, затраченное на проведение тренировок на различных типах ТСПК за период 2000–2014 гг.

### Сравнительный анализ построения и функционирования автономных тренажеров и тренажерных комплексов

В области космического тренажеростроения от применяемой технологии зависят затраты, сроки создания, методические возможности тренажерных средств, удобство их модернизации и эксплуатации [7]. С точки зрения структурной организации программно-аппаратных средств космические тренажеры разделяются на два вида: автономные тренажеры и тренажерные комплексы. В соответствии с этим различаются технологии построения космических тренажеров. Автономные тренажеры разрабатываются как самостоятельные изделия и функционируют с использованием ресурса систем, входящих в состав только данного тренажера. В отличие от автономных тренажеров структуру тренажерного комплекса следует рассматривать как совокупность специализированных систем (модулей) и унифицированных систем (модулей) со стандартными интерфейсами, которые можно объединять в единую систему, обладающую необходимыми свойствами и возможностями [8]. При принятии решения об объединении необходимо хорошо знать достоинства и недостатки каждого вида построения, опыт разработчика тренажерного средства и условия, при которых это изделие будет создаваться и эксплуатироваться.

**Автономные тренажеры.** Каждый автономный тренажер разрабатывается как уникальное изделие, позволяющее проводить подготовку космонавтов к выполнению задач на летном изделии. Его состав, структура и алгоритмы функционирования в полной мере определяются объемом и характером задач, которые решает космонавт, и техническими средствами, с которыми он работает на реальном космическом аппарате.

С учетом этого, прежде всего, формируются технические требования на тренажер, определяющие его функциональные возможности, решаемые задачи, объем моделируемых бортовых систем, состав средств имитации факторов полета, используемое оборудование.

В качестве рабочего места операторов обычно используется макет рабочей зоны космического аппарата, оснащаемый, как правило, штатным оборудованием, которое используется в отработываемых задачах. Это обеспечивает идентичность условий работы экипажа на тренажере и в полете. Далее разрабатываются алгоритмы и программы математического моделирования систем штатного космического аппарата, определяются методы построения средств имитации визуальной обстановки и других факторов полета, осуществляется разработка этих средств.

На основе оценки вычислительных задач, связанных с моделированием, управлением имитационными системами и процессом тренировки в целом, определяется количество и тип вычислительных средств, а затем разрабатываются средства сопряжения систем тренажера. После выполнения автономной и комплексной отладки производятся различные виды испытаний для установления соответствия тренажера требованиям технического задания, бортовой документации для исключения привития ложных навыков при работе экипажа как в штатных режимах полета, так и в нештатных и аварийных ситуациях.

Основные особенности и недостатки описанной технологии создания автономных космических тренажеров состоят в следующем:

- в силу большой сложности бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов и необходимости обеспечения высокой точности и полноты моделирования работы всех систем и физических факторов космического полета, время, необходимое на создание тренажера (даже с привлечением самых опытных специалистов), обычно превышает 3–4 года;

- космический тренажер создается одновременно с созданием летного изделия. При этом разработка тренажера начинается после завершения эскизного проектирования штатного ПКА. Оперативное получение исходных данных о составе, структуре ПКА, режимах и алгоритмах работы его бортовых систем позволяет своевременно определить требования к системам тренажера, его возможностям и характеристикам;

- макет космического аппарата, на основе которого формируется рабочая среда деятельности экипажа космонавтов, строится обычно на базе одного из образцов штатного ПКА после проведения испытаний, предусмотренных регламентом их создания. Период времени от получения макета до старта первого экипажа относительно небольшой, за это время практически невозможно выполнить работы по замене кабельной сети, бортового оборудования, сопряжения его с моделирующим комплексом и имитационными системами, комплексной отладке, испытаниям тренажера, а также на его основе обеспечить подготовку экипажа.

Принципиальной особенностью космической техники является ее постоянное совершенствование, модернизация оборудования, введение в ее состав новых систем и реализация новых режимов работы. Для обеспечения полного соответст-



вия моделируемых в тренажере систем штатного ПКА, при любом таком изменении необходимо синхронно проводить и модернизацию космического тренажера, причем корректироваться должна не только модель изменяемого узла ПКА, но и все, что с ним связано (технические, программные и информационные средства).

Разработчики автономных тренажерных средств выбирают структуру и возможности технических средств (вычислительной системы, средств имитации внешней визуальной обстановки, устройств сопряжения с объектом и т.д.) для обеспечения выполнения требования только первоначального технического задания на тренажер и не закладывают резерв (обычно в силу чисто экономических причин) на его модификацию или доработки под новые задачи. В результате при необходимости доработки тренажера ресурсов его технических средств не хватает и зачастую она превращается в разработку практически нового тренажера. Это приводит к прерыванию процесса подготовки на данном тренажере на длительное время, что серьезно усложняет решение задач своевременной подготовки очередных экипажей космонавтов к полетам.

Стоимость космических тренажеров очень большая. В то же время степень эффективного использования его средств обычно недостаточна. Большая часть тренажеров используется менее 50 % рабочего времени, а после завершения эксплуатации его компоненты даже при их удовлетворительном техническом состоянии в силу своего морального старения использоваться не могут.

При создании автономных космических тренажеров (комплексные и специализированные тренажеры, ФМС, учебные стенды) привлекаются различные организации, поэтому тренажеры создаются на различных технических принципах и зачастую большой номенклатуре уникальных технических средств (вычислители, средства имитации внешней визуальной обстановки, устройства сопряжения с объектами и др.). Это усложняет процесс унификации технических средств подготовки, что, в свою очередь, ведет к усложнению и существенному удорожанию процесса эксплуатации автономных тренажеров.

Таким образом, технология построения автономных тренажеров в недостаточной мере обеспечивает экономичность использования их средств, унификацию, удобство эксплуатации, гибкость и возможность их последующего развития, а также сложность создания тренажеров для обеспечения своевременной подготовки первых экипажей, обеспечивающих летные испытания новых пилотируемых аппаратов.

**Тренажерные комплексы.** Тренажерные комплексы разрабатываются на основе принципов открытости сетей и вычислительных систем и модульного построения аппаратно-программных средств, что обеспечивает возможность создания на их базе новых тренажеров по мере развития программы подготовки операторов. Тренажерный комплекс состоит из функционально связанных между собой тренажеров, которые могут работать как автономно, так и совместно. К основным достоинствам тренажерных комплексов относятся:

- возможность проведения как автономных, так и многосегментных тренировок;
- высокие методические возможности комплекса для эффективной подготовки космонавтов. Это связано, прежде всего, с новыми функциональными возможностями по управлению процессом тренировок космонавтов на всех этапах подготовки, что достигается наличием систем управления тренировками, автоматизированного контроля операторской деятельности, психологического контроля операторов, моделирования нештатных ситуаций, записи и воспроизведения со-

стояний, а также использованием удобной системы форматов инструктора и разумным построением пультов контроля и управления;

– интеграция средств нескольких тренажеров и возможность их работы в комплексе для отработки взаимодействия экипажей при совместном выполнении общих задач. В тренажерном комплексе (ТрК) РС МКС обеспечивается одновременная работа до четырех независимых (или совместно работающих) тренажеров. ТрК РС МКС может работать в 12 различных конфигурациях. Открытая архитектура вычислительной системы (ВС) ТрК РС МКС позволила успешно интегрировать в состав комплекса внешние вычислительные системы российских и международных партнеров, в том числе тренажер американского сегмента МКС;

– обеспечение экономичности за счет использования по мере необходимости одних и тех же средств в различных тренажерах и, как следствие, уменьшение количества сложных и дорогостоящих устройств (ЭВМ, пультов контроля и управления тренировкой, имитаторов визуальной обстановки и др.) и соответственно площади помещений, необходимых для размещения тренажерного комплекса и обслуживающего персонала, а также за счет рациональной организации вычислительных процессов (для сравнения отметим, что вычислительная система комплекса тренажеров американского сегмента МКС SSTF для решения аналогичных задач требует более чем в 100 раз больших вычислительных ресурсов с соответствующим удорожанием процесса разработки [1]);

– высокая технологичность разработки (принятые структурные решения обеспечили создание гибкой, развиваемой, легко наращиваемой системы; ввод в эксплуатацию тренажеров орбитальных модулей производился поэтапно без длительных перерывов в работе ранее созданных тренажеров; ВС ТрК РС МКС обеспечивает непрерывный цикл модификации тренажеров в соответствии с постоянными изменениями аппаратуры штатных объектов на орбите, при этом в каждый момент времени тренажеры были готовы к тренировкам благодаря системе управления тремя версиями программного обеспечения: тренировочной, проверочной и отладочной);

– сокращение сроков создания тренажеров за счет исключения этапа проектирования и изготовления системных средств и большей части типовых устройств коллективного пользования, возможности использования модулей, ранее изготовленных для других изделий;

– высокие эксплуатационные характеристики за счет однородности состава унифицированных технических средств;

– высокая степень унификации за счет применения однотипных аппаратных и программных средств;

– возможность создания единого методического обеспечения подготовки космонавтов по тренажерам комплекса;

– более экономичная и оперативная эксплуатация тренажерного комплекса за счет унификации аппаратных и программных средств.

К недостаткам тренажерного комплекса можно отнести:

– тренажерный комплекс представляет собой более сложную систему, чем парк автономных тренажеров;

– создание первого тренажера тренажерного комплекса, с учетом создания средств коллективного пользования всего тренажерного комплекса, менее экономично, чем создание аналогичного автономного тренажера.

Тренажеры, входящие в состав тренажерного комплекса РС МКС (5 комплексных и 7 специализированных тренажеров), составляют около 15 % от всего количественного состава комплекса ТСПК. На завершающем этапе подготовки

космонавтов на их долю приходится около 50 % всех тренировок, проводимых с основным и дублирующим экипажами.

Необходимо отметить:

1. Проведенный анализ по созданию тренажерного комплекса по программе «Мир» показал [1], что создание тренажерного комплекса, состоящего из 8 комплексных тренажеров, на 20 % (9 961 500 долларов) дешевле, чем аналогичный комплекс, состоящий из набора автономных тренажеров.

На рис. 4 показана динамика изменения стоимости тренажерного комплекса и комплекса (аналогичных) автономных тренажеров в зависимости от их количественного состава.

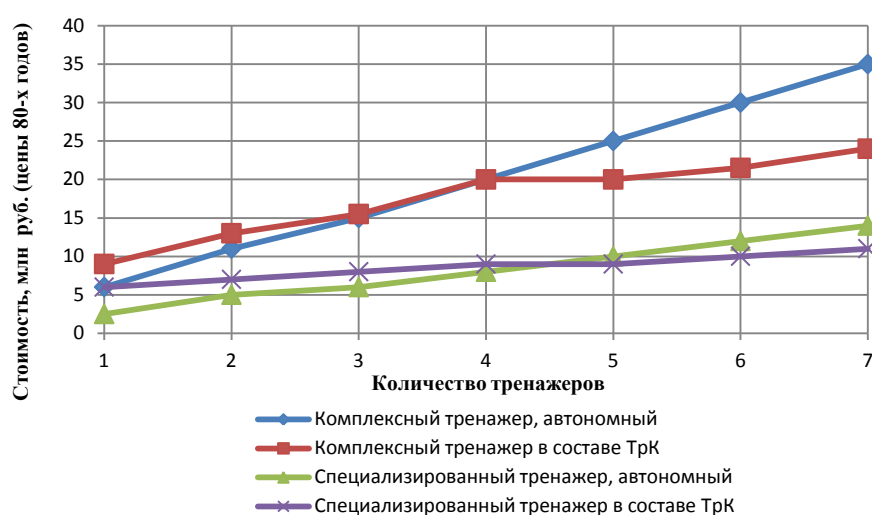


Рис. 4. Динамика изменения стоимости тренажерного комплекса и комплекса (аналогичных) автономных тренажеров в зависимости от их количественного состава

Из рис. 4 видно, что экономически выгодно создавать тренажерный комплекс тогда, когда в его составе не менее 4 тренажеров.

2. Сравнение показателей надежности тренажерного комплекса РС МКС (ТрК), состоящего из 12 тренажеров, работающих в едином функциональном пространстве, и комплексного тренажера транспортного корабля (ТК), работающего автономно, показало:

- наработка до отказа ТрК – 600 часов, ТК – 325 часов;
- вероятность безотказной работы ТрК – 0,98, ТК – 0,98;
- коэффициент технической готовности ТрК – 0,96, ТК – 0,98.

Данное сравнение показывает, что показатели надежности тренажерного комплекса, состоящего из 12 тренажеров, не уступают показателям надежности тренажера, работающего автономно. Более того, наработка до отказа тренажерного комплекса в 2 раза превышает этот показатель для автономного тренажера.

Таким образом, создание и эксплуатация тренажерных комплексов (тренажерные комплексы по программам «Салют», «Мир», РС МКС) убедительно показали их преимущества перед комплексами автономных тренажерных средств.

Проведенный анализ позволил выявить основные недостатки существующего комплекса ТСПК [9]:

1. Несвоевременность создания технических средств подготовки космонавтов.
2. Разобщенность головных разработчиков тренажеров в подходах к их созданию. Эти работы ведутся разрозненно, на различных технических принципах и зачастую большой номенклатуре уникальных технических средств (вычислительные средства, средства имитации внешней визуальной обстановки, устройства сопряжения с объектом и т.д.). В результате снижаются возможности по интеграции тренажеров в единые комплексы, усложняется процесс эксплуатации, а также снижаются возможности по стандартизации и унификации ТСПК. Это создает противоречие между существующим эмпирическим подходом к формированию комплекса ТСПК и требованиями рациональности комплекса ТСПК.
3. Используемая в настоящее время стратегия эксплуатации ТСПК «по отказу» не позволяет организовать плановое проведение доработок, модернизации и ремонтно-восстановительных работ на тренажерах.
4. Недостаточная унификация программного и аппаратного состава тренажеров и их составных частей приводит к невозможности формирования единого комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) и увеличению обслуживающего персонала.
5. Отсутствие единого банка данных по создаваемым тренажерам (технологии, модели бортовых систем, структурные модули, бортовое оборудование в тренажерном исполнении и т.д.) не позволяет эффективно использовать апробированные технические заделы по уже созданным тренажерам.
6. Недостаточный уровень использования в НИИ ЦПК современных информационных технологий и технических средств для теоретической подготовки космонавтов при изучении ими основ динамики полета, конструкций и систем космических аппаратов. Информационные ресурсы (базы данных, базы знаний, информационно-справочные системы и др.) недостаточно широко используются и в процессе подготовки космонавтов и в процессе организации управления подготовкой космонавтов.

Таким образом, современные подходы к формированию комплекса ТСПК, технологии его создания не позволяют в полной мере выполнять все требования, предъявляемые системой подготовки космонавтов к комплексу ТСПК. Основными причинами этих противоречий являются отсутствие единых подходов к формированию комплекса ТСПК, отсутствие единых требований ко всем элементам комплекса, отсутствие эффективной технологии создания комплекса ТСПК. Опытный путь синтеза и разработки тренажеров, по мнению академика А.А. Красовского [10], весьма дорого обходится и приводит к крупным просчетам и потерям.

### **Основные предложения по совершенствованию комплекса технических средств подготовки космонавтов**

Современное развитие науки, техники и технологии, более высокие требования к качеству подготовки космонавтов, динамичность развития пилотируемой космонавтики, международное сотрудничество, создание в короткие сроки новых модулей международной космической станции, разработка российского пилотируемого корабля нового поколения, планирование полетов на Луну ставят задачу глубокой модернизации и развития комплекса ТСПК НИИ ЦПК в сжатые сроки с широким применением наукоемких инновационных технологий.

При рассмотрении основных направлений совершенствования комплекса ТСПК необходимо учитывать следующие факторы и тенденции:

- интенсивное развитие компьютерных технологий и, прежде всего, технологий виртуальной реальности, появление новых технических и программных средств с новыми функциональными возможностями;
- перспективы расширения масштабов космических исследований с учетом специфики осуществления полетов к другим планетам;
- расширение международного сотрудничества в космосе, необходимость совместной подготовки экипажей для работы на модулях, создаваемых в рамках кооперации ученых и специалистов разных стран;
- тенденции использования разработок и технологий в области космической техники для организации дополнительного образования школьников, их активного и полезного досуга, пропаганды достижений российской космонавтики;
- необходимость повышения эффективности использования создаваемых новых средств подготовки космонавтов, а также создания информационного сервиса для обучающего персонала и руководителей подготовки в части принятия эффективных и обоснованных решений, связанных с планированием, оценкой качества подготовки и рекомендациями экипажу в процессе полета.

**С учетом проведенного анализа, выявленных закономерностей, тенденций и особенностей космического тренажеростроения [1] предлагается все технические средства НИИ ЦПК объединить в рамках единого интегрированного комплекса ТСПК.**

В состав единого интегрированного комплекса ТСПК (ЕИК ТСПК) предлагается включить:

- действующие тренажеры ЦПК имени Ю.А. Гагарина;
- тренажеры для подготовки космонавтов к работе на новом транспортном космическом корабле и новых модулей РС МКС;
- тренажеры для размещения на космодроме «Восточный»;
- вновь создаваемые тренажеры;
- автоматизированную систему планирования и контроля подготовки космонавтов;
- автоматизированную систему управления процессом подготовки космонавтов.

Создание единого интегрированного комплекса ТСПК предлагается осуществлять на основе следующих положений:

1. Использование комплексного подхода к решению проблемы создания ЕИК ТСПК на основе единой научно-технической политики и принципов программно-целевого планирования.

2. Комплексная информатизация и автоматизация деятельности ЦПК, охватывающая все основные сферы его деятельности и совместное использование тренажерных средств на основе создания единой информационно-вычислительной сети.

3. Использование новых достижений в области информационных технологий обработки, хранения и активизации данных для решения задач более полного и адекватного моделирования условий работы космонавтов в космосе и на поверхности планет, в частности, для полного погружения обучаемого в моделируемую среду с применением технологий виртуальной реальности и стереосистем отображения информации.

4. Использование самых современных образовательных технологий и методов обучения, обеспечивающих предъявление учебной информации в наглядном,

интуитивно понятном виде, контроль уровня его усвоения, органическое сочетание изучаемых теоретических положений с умением применять их на практике.

5. Многофункциональное (двойное) применение одних и тех же средств и систем для решения различных задач на разных этапах обучения.

6. Открытость архитектуры системы, способность ее к функциональному наращиванию и интеграции в нее вновь создаваемых систем и комплексов.

7. Широкое использование технических и учебно-методических материалов по системам ПКА, создаваемых предприятиями отрасли, на основе использования информационных каналов телекоммуникационной связи.

8. Сохранение общей методики, принципов организации подготовки космонавтов и построения ТСПК (принципов унификации и модульности, коллективного использования дорогостоящих ресурсов, распределенной сетевой обработки информации в реальном масштабе времени).

9. Сохранение и развитие принципов создания ТСПК, основанных на сочетании натурального моделирования и технологий виртуальной реальности, обеспечивающее сокращение стоимости и сроков создания ТСПК.

10. Расширение учебно-методических и дидактических возможностей подготовки космонавтов, повышение качества их подготовки. При этом технологии виртуальной реальности должны получать все большее применение в процессе теоретической подготовки, «предтренажной» подготовки, а при создании комплексных и специализированных тренажеров для профессиональной практической подготовки – для формирования внешней визуальной обстановки, обеспечения подготовки по внекорабельной деятельности космонавтов, для визуализации пультов контроля и управления тренировками. Рабочие места комплексных и специализированных тренажеров, органы управления ПКА, их интерьер должны представлять собой физический аналог ПКА.

11. Модернизация существующих систем: системы формирования первичных навыков профессиональной деятельности, системы профессионально-технической подготовки космонавтов, системы моделирования условий и факторов космического полета, системы обеспечения медико-биологической подготовки.

12. Создание корпоративной информационной системы НИИ ЦПК, автоматизированной системы планирования и контроля подготовки космонавтов и создание новой автоматизированной системы управления процессом подготовки космонавтов.

13. Эффективное использование учебных, методических и технических средств НИИ ЦПК для осуществления непрерывного образования школьников, студентов и молодых специалистов с целью их практико-ориентированной подготовки к работе на предприятиях, в организациях и учреждениях аэрокосмической отрасли, для предоставления им широких возможностей ознакомления с историей и достижениями отечественной и мировой космонавтики.

## **Заключение**

Создание на базе НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина единого интегрированного комплекса ТСПК должно позволить:

- провести поэтапную унификацию однотипных функциональных подсистем существующих технических средств подготовки космонавтов;
- создать единый, открытый комплекс унифицированных функциональных подсистем ТСПК, рекомендуемых к применению при создании всей номенклату-

ры технических средств подготовки космонавтов к полетной деятельности на перспективных пилотируемых космических аппаратах (ПКА).

ЕИК ТСПК как единый, открытый, многофункциональный комплекс должен обеспечить внедрение новой архитектуры построения ТСПК для перспективных ПКА с использованием преимущественно цифровых и беспроводных технологий, а также более высокий уровень функциональности для космонавтов, инструкторов и инженерного персонала.

ЕИК позволит всем разработчикам создавать ТСПК на единых принципах с использованием типовых программно-аппаратных платформ, унифицированных для однотипных функциональных подсистем, входящих в комплекс. Он позволит также создать единую для всей отрасли информационную среду разработки и создания ТСПК, в том числе единый банк исходных данных и программно-математического обеспечения моделей бортовых систем, моделей движения ПКА и других программных моделей (в виде исходных текстов и библиотек).

ЕИК должен стать основой для поэтапной модернизации действующих ТСПК НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина в направлении унификации их функциональных подсистем. С другой стороны, на базе элементов комплекса могут строиться ТСПК для подготовки космонавтов к работе на транспортном пилотируемом корабле нового поколения, новых модулях РС МКС, а также для размещения на космодроме «Восточный».

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Наумов Б.А. Космические тренажеры / Б.А. Наумов. – Звездный городок Московской области: Изд-во ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2013. – 214 с.
- [2] Крючков Б.И. Этапы становления и перспективы развития научно-методической базы подготовки космонавтов / Б.И. Крючков, И.Г. Сохин // Пилотируемые полеты в космос. – 2011. – № 1(1). – С. 78–86.
- [3] Наумов Б.А. Космические тренажеры. Этапы развития. Учебно-справочное пособие / Б.А. Наумов, Л.Е. Шевченко. – Звездный городок: Изд-во ЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2008. – 178 с.
- [4] Наумов Б.А. Основные направления создания технических средств подготовки космонавтов в РГНИИЦПК имени Ю.А. Гагарина / Б.А. Наумов // Материалы международной конференции «Тренажерная технология и обучение». Сборник докладов. – Жуковский, Московская область, ЦАГИ, 2001. – С. 56–59.
- [5] Наумов Б.А. Технические средства подготовки космонавтов / Б.А. Наумов, В.В. Циблев // Полет. – 2008. – № 4. – С. 7–14.
- [6] О преемственности в развитии технологии создания современных тренажеров / Б.А. Наумов [и др.] // 4 Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, 2000. – Вып. 4. – С. 200–201.
- [7] Наумов Б.А. Развитие структуры космических тренажеров и тренажерных комплексов / Б.А. Наумов // Полет. – 2011. – № 8. – С. 47–53.
- [8] Наумов Б.А. Основные подходы к созданию и эксплуатации комплекса технических средств подготовки космонавтов / Б.А. Наумов, В.П. Хрипунов // Пилотируемые полеты в космос. – 2014. – № 2 (11) – С. 30–34.
- [9] Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров / А.А. Красовский. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.

УДК 629.786:004.896

## ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА-ПОМОЩНИКА ВО ВНУТРЕННЕМ РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ НА ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Б.И. Крючков, В.П. Дашевский, Б.В. Соколов, В.М. Усов

Докт. техн. наук Б.И. Крючков; докт. мед. наук, профессор В.М. Усов  
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Канд. техн. наук В.П. Дашевский; докт. техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Б.В. Соколов (СПИИРАН, г. Санкт-Петербург)

Решение многих актуальных вопросов применения робота-помощника экипажа (РПЭ) на перспективных пилотируемых (орбитальных и лунных) космических комплексах (ПКК) определяется выбором технологий для определения местоположения внутри помещений и оперативного получения сведений об их текущем состоянии. На основе изучения прототипов предлагается осуществить выбор рационального варианта решения задачи позиционирования мобильных роботов в условиях герметически замкнутого объекта – ПКК.

**Ключевые слова:** Пилотируемый космический комплекс, экипаж, интеллектуальное окружение, мобильный робот-помощник экипажа, системы позиционирования внутри помещений, технология радиочастотной идентификации (RFID).

### **Positioning of a Mobile Robotic Assistant Within the Working Space Aboard Manned Space Complexes. B.I. Kryuchkov, V.P. Dashevsky, B.V. Sokolov, V.M. Usov**

Solving of many topical problems of the use of a crew's robotic assistant (RA) aboard advanced manned (orbital and lunar) space complexes (MSCs) depends on the choice of technologies for determining the position of a robot within the working space and receiving timely information about its current state. Based on the study of prototypes it is proposed to choose a rational option of solving a task of positioning mobile robots under conditions of hermetic closed objects such as MSCs.

**Keywords:** Manned Space Complex (MSC), a crew, intelligent environment, a crew's robotic assistant, Real Time Location System (RTLS), radio frequency identification (RFID) technology

## **Введение**

Опыт внедрения робототехнических изделий в различные сферы наземного производства, военного дела, транспорта, торговли и обеспечения жизнедеятельности человека показывает значимый рост их практической полезности при использовании достижений смежных направлений науки и технологий, в частности, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и технологий позиционирования и идентификации (ТПИ). При этом одним из ключевых направлений является рациональный выбор решений, позволяющих: 1) достичь с приемлемой для практики точностью формализованное (цифровое) представление помещений для обитания и производственной деятельности человека, предметов и окружающей обстановки внутри помещений; 2) выполнить поиск предметов по их описаниям и их идентификацию при обнаружении; 3) обеспечить высокое качество интерактивного взаимодействия с устройствами, предназначенными для передачи необходимой информации о параметрах позиционирования мобильных роботов, в том числе, внутри замкнутых помещений сложной многомодульной конфигурации.



В данной публикации проводится анализ и сравнение существующих представлений о построении систем глобального и локального позиционирования и о перспективах внедрения конкретных технических решений в области локального позиционирования, в том числе, внутри помещений (англ.: Indoors). Предполагается, что на основе хорошо зарекомендовавших себя на Земле способов могут быть с определенными допусками воспроизведены, объединены в единую систему и апробированы в пилотируемой космонавтике новые подходы при разработке мобильного робота-помощника экипажа (РПЭ) и различных вспомогательных средств для его навигации и позиционирования. Это достаточно новая для практики построения робототехнических систем постановка задачи применительно к управлению передвижением мобильного робота внутри стесненных замкнутых рабочих объемов пилотируемого космического комплекса (ПКК), от решения которой зависят дальнейшие шаги определения сферы применения РПЭ.

### **Сравнение возможностей применения различных технологий для позиционирования мобильного РПЭ в рабочем объеме многомодульного гермообъекта**

Для систематизации существующих подходов и выполнения анализа их преимуществ и ограничений с точки зрения решения задач контроля позиционирования (двигательной активности) РПЭ внутри ПКК будут рассмотрены информационные потоки взаимодействующих элементов, обеспечивающих коммуникацию в каналах связи: «члены экипажа–РПЭ–локальное окружение РПЭ–среда ПКК в целом–внешние источники информации».

Элементы из этого перечисления существенно различаются в отношении поддержания интерактивности (в смысле способностей обмена информацией) для решения задачи позиционирования РПЭ, и при этом важны не только характеристики каналов обмена информацией, средства ее сбора из окружающей среды («сенсорные возможности»), построение интерфейсов пользователей, но и предлагаемая технология в целом по организации взаимодействия коммуникантов, подготовки и принятию решений.

Понятно, что наивысшими способностями по поддержанию различных видов интерактивного взаимодействия и принятия решений обладает космонавт, наделенный широкими сенсорными качествами и способностями к ориентации в пространстве, но при условии, что окружающая среда позволяет получать необходимую информацию.

Сегодня активно развиваются различные технологии (включая мобильные), которые революционным образом поменяли представления об окружающей среде и наделения устройств ориентации в информационной среде возможностями контроля различных сторон проявления в ней активности человека.

Эти же процессы в той или иной степени коснулись и области эргономики при эксплуатации сложных систем «человек–техника». В настоящее время ощущается потребность в обобщении представлений об основных тенденциях развития технологий позиционирования как глобальных, так и локальных, в ведущих фирмах-производителях оборудования и коммерчески доступных полномасштабных системах, так как имеется огромное количество публикаций с различными точками зрения на полезность тех или иных решений для конкретных условий применения [1–3, 5, 7, 8, 10, 11, 15, 18, 22, 23, 33, 38, 39, 40, 44, 55].

Можно особо отметить всплеск интереса к этим технологиям, который был вызван взрывным развитием мобильной связи и появлением в последнее 10-летие смартфонов и планшетов с невиданными ранее характеристиками по числу предлагаемых сервисов и услуг [45].

В числе широко используемых для позиционирования в наземных условиях технологий можно указать следующие:

- спутниковые технологии глобальной навигации (GPS, ГЛОНАСС и др.);
- технологии инерциальных навигационных систем;
- радиочастотные технологии, предназначенные для оказания услуг связи и так или иначе приспособленные для позиционирования (WiFi, Bluetooth, сотовая связь), и те, которые по физическим свойствам модуляции в наибольшей мере подходят для позиционирования – это CSS (ISO24730-5), UWB, NFER и др. для разных типов позиционирования как вне помещений, так и внутри, включая локальное;
- технологии для систем локального позиционирования (ЛПС, на англ. IPS), инфракрасные, ультразвуковые и др.;
- радиочастотные технологии, включая радиочастотные метки – RFID для локального позиционирования и др.

В отдельную группу можно выделить технологии построения интеллектуальных систем видеонаблюдения (на технологиях «машинного зрения»), способных самостоятельно захватывать и сопровождать множество целей, при этом подобные технологии могут быть реализованы как в составе мехатронного робота, так и в рабочей среде.

Этим далеко не исчерпывается перечень предлагаемых подходов в сфере ИКТ и ТПИ, поскольку существует масса гибридных решений. Существенно, что в каждом конкретном случае решение о способе позиционирования принимается, исходя из конкретных условий применения технологий, простоты и надежности эксплуатации, стоимости и т.п.

Рассмотрим некоторые из наиболее часто применяемых способов позиционирования, сопровождая их кратким комментарием о тех потенциальных возможностях, которые они предоставляют для реализации свойств интерактивности в системе «космонавт–РПЭ» при навигации и позиционировании.

Подавляющее число известных сегодня технологий ТПИ для обеспечения надежного измерения сигналов и исполнения движений мобильного робота с высокой точностью явно или неявно предполагают наличие условий хорошей «видимости» источников сигналов и «обозримости» пространства, в котором решается задача позиционирования. В общем случае эти требования на борту ПКК трудновыполнимы, поскольку внутреннее пространство этого герметически замкнутого объекта сильно «сегментировано» на составляющие ПКК модули и отсеки, а рабочее пространство «расходуется чрезвычайно экономно», а потому достаточно загромождено агрегатами, имеет сложную конфигурацию «свободных зон», «видимость» может быть недостаточной при перемещении членов экипажа и РПЭ, а рабочие зоны отличаются стесненностью для передвижения человека и антропоморфного робота. Включение в дальнейшее рассмотрение нескольких базовых технологий, применяемых в наземных условиях, но имеющих ограничения для применения внутри помещений, полезно тем, что при их внедрении выявились типичные проблемы повышения точности и надежности решения задач определения местоположения.

Наибольшую роль в наземных условиях сегодня играют технологии глобального позиционирования. В военных, гражданских сферах деятельности интенсивно разрабатываются системы дальнего радиолокационного обнаружения и управления.

Например, для оперативного наблюдения с летательных аппаратов типа AWACS используются технологии глобального позиционирования для целеуказаний беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) и наземным мобильным боевым роботам, и при этом применяются цифровые карты местности, проложенные на них маршруты (по данным воздушной разведки), проводится позиционирование контролируемых средств поражения противника и подвижных целей на этих картах и т.д. [12, 23, 52].

Технологии глобального позиционирования получили широчайшее коммерческое применение. Сегодня человек, обладающий приемником GPS или мобильным устройством с чипом приема сигналов со спутников GPS (или аналогичным устройством для другой глобальной системы позиционирования) по цепочке «человек–устройство приема сигналов GPS–спутники системы GPS» непосредственно взаимодействует с внешней средой, в которой он получает возможность навигации и ориентирования, имея электронные карты от многих фирм-производителей (Google, Yandex Maps, Nokia Maps, Apple Maps и др.). В частности, и применение мобильных роботов во внешней среде в наземных условиях существенным образом опирается на технологии глобального позиционирования и навигации (системы GPS, ГЛОНАСС, Бэйдоу, Galileo и др.).

Исторически одной из первых технологий стало позиционирование в сотовых сетях. Технологии сотовой связи на Земле достигли такого уровня развития, что без модулей GPS, А-GPS, ГЛОНАСС и цифровых карт местности (Google Maps, Yandex Maps и др.) современные мобильные устройства TOP-уровня практически не производятся. Применяемые в них сервисы на основе гибридных систем (данные GPS и гибридные методы определения координат, основанные на измерении данных, полученных от нескольких ближайших к телефону базовых станций) стали повседневными в жизни современного человека. Здесь в подавляющем числе случаев речь идет о задаче «местоопределения» вне помещений при хорошем «покрытии» от ближайших базовых станций и при хорошей «видимости» спутников GPS – ГЛОНАСС.

Близкими к сотовым технологиям по принципам применения являются решения, основанные на WiFi. Одна из причин довольно быстрого распространения систем позиционирования, основанных на использовании технологий WiFi, как и в случае с сотовыми сетями, – их широкое распространение, в частности, установка модулей WiFi на персональных компьютерах (ПК), ноутбуках, планшетах и смартфонах. Наиболее простым способом позиционирования в сетях WiFi, как и в сотовых сетях, – подключение к конкретной базовой станции. Вид цепочки поддержки интерактивности аналогичен вышеприведенному.

Как правило, системы WiFi-позиционирования реализуют следующий основной функционал [4]:

- отображение местоположения радиометок в режиме реального времени с привязкой к топографии объекта;
- управление информационными и тревожными сообщениями, связанными с перемещением меток и их состоянием;
- хранение истории событий;
- формирование отчетов и статистики о работе системы;
- интеграция с внешними приложениями.

Точность позиционирования в этих системах зависит от плотности WiFi-покрытия, общего дизайна сети и находится в пределах 3–10 м.

Новый класс систем – системы локального позиционирования (СЛП).

Сегодня наметился новый этап развития технологий позиционирования, которые позволяют решать аналогичные задачи «внутри помещений», что в сочетании с технологиями дополненной реальности открывает широчайшие перспективы ориентировки человека в сложных условиях мегаполисов в многоэтажных строениях, а также там, где нет возможности приема сигналов GPS, в подземных сооружениях, туннелях и пр. Существенно, что применение этих технологий возможно в больших помещениях для решения задачи идентификации находящихся в них людей [17, 45].

В англоязычной литературе введен в оборот термин *Indoor Positioning System* (IPS), используемый для выделения беспроводной сети устройств, предназначенных для того, чтобы обеспечить поиск и локализацию объектов или людей, находящихся внутри здания. В настоящее время можно констатировать реальные предпосылки развития зарождающегося рынка IPS. Ввиду масштабности предстоящих работ по оцифровке помещений, этот рынок еще находится в зачаточном состоянии. Некоторое время назад компания Google объявила о выпуске нового типа цифровых карт для определения местоположения внутри помещений для операционной системы Android на мобильных устройствах (смартфонах, планшетах, ноутбуках). Сервис IPS от Google находится в стадии бета-тестирования. Одним из примеров применения новой технологии является служба Navizon Indoor Triangulation Service [14, 55].

Публикации 2014 года свидетельствуют о новом витке интересов разработчиков «роботизированных шаров» к этой технологии в ее приложениях к пилотируемым космическим полетам, включая такие области, как оцифровка рабочих отсеков и модулей, сканирование помещений на предмет обнаружения подвижных объектов в рабочей среде, информирование членов экипажа о местоположении интересующих их объектов и др.

В Интернет-публикациях освещен проект, который получил название Project Tango, от разработчиков Google [60]. В этом проекте смартфон с 3D-сканером пространства специалисты Google объединили с роботами NASA, известные как роботизированные сферы (SPHERES), для работы на МКС. При этом 5-дюймовый смартфон оснащен стереокамерой, сенсорами и программным обеспечением, что позволяет отслеживать положение смартфона в 3D-пространстве, а также сканировать рабочее окружение в реальном времени со скоростью 250 000 измерений в секунду. Все это объединяется в единую 3D-модель с помощью уникального процессора Mugiad 1, разработанного стартапом Movidius.

По замыслу разработчиков NASA, SPHERES должны совершать регулярные облеты отсеков МКС, осуществляя мониторинг окружающей среды для поддержки полетных операций, включая техническое оборудование станции. Кроме того, роботизированные сферы будут осуществлять информационную поддержку экипажу МКС при проведении ремонта, техническом обслуживании и других базовых сервисных процедурах. Сферы могут передвигаться в объеме станции при помощи газовых двигателей (gas thrusters).

Возможно в дальнейшем роботы смогут работать не только внутри, но и снаружи МКС, осуществляя регулярный облет станции с целью выявления различных проблем и при проведении сервисных операций.

Для ориентировки в пространстве сферы используют возможности Project Tango. Очевидно, что это решение существенно облегчает решение задач навигации и позиционирования Indoors.

Можно отметить, что это не первый смартфон Google, побывавший на МКС для работы вместе SPHERES. В 2011 году в ту пору новейшее решение в области

мобильных систем смартфон Nexus S уже применялся на орбите, улучшая навигационные и функциональные возможности SPHERES.

Высокотехнологичные компании прилагают усилия, чтобы заняться разработкой системы навигации внутри помещений, которая будет называться In-Location. В их числе такие гиганты, как Nokia, Samsung, Sony Mobile Communications, а также крупные производители чипов Broadcom, Dialog Semiconductor и Qualcomm. Набор новых заявленных технологий для построения подобных сервисов от фирм CSR, Nokia, Google, Ericsson, Mexens Technology, NextNav, Boeing и др. свидетельствуют об огромном потенциале технологий навигации внутри помещений.

В большинстве публикаций наиболее часто используется терминология «определение местоположения». Термины «позиционирование» и «навигация» имеют более широкий смысл по сравнению с термином «определение местоположения», так как, в общем случае, позиционирование помимо определения координат включает определение вектора скорости движущегося объекта.

Постоянно в поле зрения фирм-разработчиков систем локального позиционирования находятся инфракрасные (ИК) и ультразвуковые (УЗ) системы, в которых расстояние рассчитывается по времени прохождения сигнала от датчика до приемника. Они предназначены, в основном, для применения на расстояниях от 3 до 10 м. Благодаря тому, что инфракрасное излучение и ультразвук практически не распространяются через стены и дверные проемы, такие системы гарантируют «Room Level Assurance», то есть установление факта нахождения конкретного объекта в контролируемом помещении, что важно для ряда приложений (например, в медицине), но, одновременно, при необходимости контроля в разных помещениях возникают трудности взаимодействия и необходимость в применении дополнительных средств для передачи информации. Недостатки ИК СЛП: невысокая относительная точность и помехи от солнечного света или иного яркого источника. Недостатки УЗ СЛП: потери сигнала из-за препятствий, ложные сигналы из-за отражений и помехи от высокочастотных источников звука.

С точки зрения анализа свойств интерактивности можно отметить, что СЛП типа ИК и УЗ придают среде свойство реагирования на проникновение на территорию объекта, имеющего определенные признаки или, напротив, их не имеющего. Это позволяет контролировать в режиме реального времени активные объекты при их перемещении в пределах, охваченных системой приемников сигналов. Однако во многих случаях идентификация таких объектов только средствами типа ИК и УЗ затруднена. В этом случае требуется дополнительная система идентификации объектов.

Наиболее многочисленную группу СЛП составляют радиочастотные технологии, включая радиочастотные метки – RFID. Суммируя многочисленные публикации, можно привести следующие сведения общего характера [32, 35].

Технологии СЛП на основе RFID (Radio Frequency Identification) или РЧИ (Радиочастотная идентификация) базируются на способах уникальной идентификации физических объектов с использованием радиометок. Радиометка содержит в себе микрочип, который хранит уникальный идентификатор, а также антенну, способную передавать эту информацию на специальные радиосчитыватели. Этими технологиями широко пользуются в наземных условиях на транспорте, в торговле, в медицине и ветеринарном деле, охранных системах.

Существуют СЛП с использованием пассивных и активных радиочастотных идентификаторов (RFID). Основное назначение систем с пассивными RFID метками – идентификация. Они применяются в системах, традиционно использовав-

ших штрихкоды или магнитные карточки – в системах распознавания товаров и грузов, опознавания людей, в «Системах контроля и управления доступом» и т.п.

Система СЛП с пассивными RFID-метками включает RFID-метки с уникальными кодами и считывателями и работает следующим образом. Считыватель непрерывно генерирует радиоизлучение заданной частоты. Чип-метки, попадая в зону действия считывателя, используют это излучение в качестве источника электропитания и передают на считыватель идентификационный код. Радиус действия считывателя составляет около одного метра.

Термин «активные RFID» охватывает обширный класс разнообразных изделий. Большинство радиочастотных систем позиционирования используют для идентификации и позиционирования объектов активные RFID. Активные радиочастотные метки используются при необходимости отслеживания предметов на относительно больших расстояниях. Применяют деление активных меток на 2 типа: радиомаяки и транспондеры. Транспондеры включаются, получая сигнал считывателя. Они применяются в системах оплаты проезда, на КПП, въездных порталах и других подобных системах. Радиомаяки используются в системах позиционирования реального времени. Радиомаяк отправляет пакеты с уникальным идентификационным кодом либо по команде, либо с заданной периодичностью. Пакеты принимаются, как минимум, тремя приемниками, расположенными по периметру контролируемой зоны. Расстояние от маячка до приемников с фиксированными координатами определяется по углу направления на маячок Angle of Arrival (AoA), по времени прихода сигнала Time of Arrival (ToA) или по времени распространения сигнала от маячка до приемника Time-of-Flight (ToF).

Существуют и другие технологии, основанные на применении «ридеров», заслуживающие внимания в аспектах установки канала обмена информацией и получения оперативных данных от меток на оборудовании и приборах.

В частности, с 2011 года многими фирмами-разработчиками мобильных устройств началось активное внедрение новой технологии беспроводного обмена данных. Эта технология получила название Near Field Communication (NFC), она основывается на высокочастотной связи малого радиуса действия (стандарт предусматривает дистанцию, равную примерно 10 сантиметрам) для обмена информацией между различными электронными устройствами. В чипах NFC, являющихся развитием стандарта бесконтактных карт, интерфейс смарткарты объединен со считывателем электронных меток. Технология NFC совместима с уже существующей инфраструктурой, предназначенной для использования бесконтактных карт. Можно выделить несколько сфер применения устройств с поддержкой NFC. Такие устройства могут выполнять функции бесконтактных карт разного назначения, считывать пассивные радиометки, содержащие, например, информацию навигационного характера. Также доступен обмен данными между двумя устройствами, оснащенными чипами NFC (как и в случае с модулем Bluetooth).

Кратко остановимся на аббревиатуре RTLS. Фактически за этим сокращением стоит набор взаимосвязанных технологий и систем, которые переводятся как «Дистанционная идентификация и позиционирование подвижных объектов в режиме реального времени».

Первые RTLS появились на стыке технологий радиочастотной идентификации (RFID) и беспроводной связи (WiFi) в США в девяностых годах прошлого века. Первоначально RTLS использовалась в крупных клиниках для быстрого поиска и идентификации персонала и мобильного оборудования, а также для контроля жизненных параметров пациентов и экстренного вызова медперсонала в

критических ситуациях. Сегодня сфера практических приложений RTLS является одной из самых широких.

Основными элементами инфраструктуры RTLS являются анкера, закрепленные в точках с известными координатами, относительно которых осуществляется позиционирование. Анкеры образуют беспроводную сеть, по которой от сервера СЛП передаются команды управления инфраструктурой и радиочастотными метками, а на сервер отправляются данные об измеренных расстояниях между метками и анкерами. Закрепленная на контролируемом объекте радиочастотная метка, получив соответствующую команду, измеряет расстояния до указанных ей анкеров и передает полученные результаты на сервер. Местоположение меток рассчитывается сервером по результатам измерения расстояний до трех и более анкеров. Для повышения точности и достоверности позиционирования координаты уточняют, используя специальный математический аппарат, исходя из топологии пространства, где могут находиться объекты, препятствия и т.д. Практический пример реализации такого сорта решений будет приведен ниже.

Если вновь обратиться к характеристике интерактивности, в случае позиционирования внутри помещений прослеживается аналогия использования таких элементов инфраструктуры RTLS, как анкера, закрепленные в точках с известными координатами, со спутниками системы GPS. В этом случае с помощью ридеров устанавливается местоположение объекта, снабженного радиометкой. Это позволяет выполнять такие операции, как контроль проникновения того или иного объекта в разрешенную для него область внутри помещения или, напротив, в запрещенную для пребывания в ней. Этот же принцип положен в выполнение операций инвентаризации, когда сканируется то или иное помещение и устанавливается, все ли объекты, перечисленные в базе данных и снабженные метками, находятся в зоне контроля.

В практических приложениях мобильный робот может рассматриваться как некий физический объект, и тогда с точностью до размеров того или иного помещения можно установить, находится ли он в его пределах, а затем, в зависимости от возможностей инфраструктуры RTLS, более точно установить координаты внутри помещения. Для некоторых вариантов быстрого поиска этот путь, в принципе, пригоден.

В наземной мобильной робототехнике представлено достаточно много вариантов применения инерциальных навигационных систем. Как известно, сущность инерциальной навигации состоит в определении ускорения объекта и его угловых скоростей с помощью установленных на движущемся объекте приборов и устройств, а по этим данным – местоположения (координат) этого объекта, его курса, скорости, пройденного пути и др., а также в определении параметров, необходимых для стабилизации объекта и автоматического управления его движением. Инерциальная навигация – это метод определения координат, скорости и угловой ориентации объекта на основе измерения и интегрирования его ускорения. Основной особенностью инерциальной навигации является выдача навигационной информации автономно, без привлечения внешних источников информации (сигналов со спутников или радиомаяков и т.д.) [10, 22].

Получение навигационной информации осуществляется с помощью:

- датчиков линейного ускорения (акселерометров);
- гироскопических устройств, воспроизводящих на объекте систему отсчета (например, с помощью гиросtabilизированной платформы) и позволяющих

определять углы поворота и наклона объекта, используемые для его стабилизации и управления движением;

- вычислительных устройств, которые по ускорениям (путем их интегрирования) находят скорость объекта, его координаты и др. параметры движения.

Преимущества методов инерциальной навигации состоят в автономности, помехозащищенности и возможности полной автоматизации всех процессов навигации. Благодаря этому методы инерциальной навигации получили широкое применение при решении проблем навигации надводных судов, подводных лодок, самолетов, космических аппаратов и других движущихся объектов.

На этой же основе могут быть найдены решения построения пройденного мобильным роботом маршрута и расчета пройденного пути внутри помещения при наличии цифровых карт этого помещения. Очевидно, что в этом случае необходимо предусматривать наличие каналов связи, по которым можно передать информацию для лица, принимающего решения (ЛПР), в рамках контроля активности мобильного робота.

Цепочка взаимодействия для обеспечения интерактивности в этом случае явно подразумевает включение мобильного робота для предоставления исходных данных для ЛПР в контур контроля прохождения маршрута и сверки с данными цифровой карты помещения.

В тех случаях, когда принимается посылка о том, что РПЭ является связующим звеном между его локальным окружением и космонавтом, выполняющим функции контроля двигательной активности робота, естественно попытаться рассмотреть, какими свойствами должна быть наделена среда и какие вспомогательные (или «ассистивные») средства должны быть в ней представлены. Если допустить, что в соответствии с цифровой картой в рабочем пространстве проложены разрешенные для перемещения РПЭ маршруты и на всем протяжении расставлены радиометки контроля, то РПЭ, имеющий средства считывания данных с этих меток (через специальные устройства – ридеры) может на основе локально доступных данных установить свое местоположение. Более того, если предусмотреть наличие в каждой метке информации по дальнейшему «перенаправлению» робота для достижения следующей метки, то может быть создана основа для выполнения навигации по сети радиометок. Понятно, что это упрощенное представление идеи позиционирования, так как по маршруту движения РПЭ должны быть размечены запрещенные для его доступа рабочие зоны, а свободное перемещение людей в гермообъекте накладывает дополнительные требования оснащения их соответствующими метками с безусловными ограничениями для РПЭ по дистанции сближения и т.д. Во многих случаях, по-видимому, может потребоваться перепрограммирование радиометок, а это влечет за собой требование динамической настройки интерактивности среды. Важно, что рассматриваемая ситуация предполагает рациональное построение всей цепочки взаимодействия «активных агентов» и «интеллектуальной среды» их функционирования, а также включение дополнительных средств распознавания ситуации, например, по речевым сигналам от человека и/или робота, звуковым и световым индикаторам событий и пр.

Эти вопросы являются самостоятельным предметом исследований [5, 34, 47].

Огромный пласт литературы составляют публикации о применении алгоритмов и систем машинного зрения для навигации и идентификации мобильных роботов, поскольку системы технического зрения в задачах навигации – одно из магистральных направлений развития мобильной робототехники [9, 24, 26, 27, 31, 41].



При выполнении определенных требований к уровню сенсорной и интеллектуальной оснащённости РПЭ, эти технологии могут рассматриваться в качестве перспективных, особенно в том случае, если удастся существенно расширить перечень надежно опознаваемых и идентифицируемых («когнитивных») роботом объектов внешней среды.

В связи с быстрым развитием роботов и интеллектуализацией их систем управления возникает необходимость в разработке моделей виртуальной реальности (МВР) для робототехнических систем, основанных на их техническом зрении (телевизионные камеры, лазерные и ультразвуковые радары и т.п.) и других сенсорах [43].

Такие МВР позволяют повысить эффективность человеко-машинного интерфейса при совместном использовании роботов, компьютеров и телекоммуникационных систем для автоматизации различных областей деятельности человека.

Возможности этой технологии существенно возрастают при использовании ряда вспомогательных высокотехнологичных программно-аппаратных систем, расширяющих интерактивность среды и представление в ней инструментария и объектов труда. Важную роль при этом играют сенсорные устройства типа видеокамер и средства технического зрения, а также одно- и мультиагентные МВР, позволяющие адекватно отобразить и визуализировать реальную динамическую сцену [13, 42, 43, 58, 59].

Для программно-аппаратного комплекса, состоящего из цифровых телевизионных камер и программ формирования геометрической модели «видимой для управляющего манипуляционным роботом человека части объекта труда» (объекта воздействия) для манипуляционного робота, самого манипуляционного робота и локальной обстановки, в которой применяется робот, в целом, предложено название *агента-информатора*.

Данные, собранные этим информационным агентом с помощью телевизионных камер, передаются другому программно-аппаратному комплексу *агенту-визуализатору*, который обрабатывает и визуализирует полученную информацию в форме 2D- и 3D-изображений геометрической модели виртуальной реальности, отображаемой ЛППР на выполнение манипуляций через человеко-машинный интерфейс.

Таким образом, информационный агент осуществляет видеозахват реальной сцены, а агент-визуализатор позволяет ЛППР увидеть в любом ракурсе виртуальную модель всего, что происходит в окружающей среде во время выполнения ручной операции с использованием манипуляционного робота.

На основе выполненного анализа существующих решений можно сделать некоторые промежуточные выводы.

В большинстве случаев на практике потребуются комбинированные решения локального позиционирования РПЭ на ПКК.

В контексте задачи контроля активности мобильного робота со стороны экипажа ПКК, что диктуется требованиями безопасности полета, существенно было выбрать ключевое звено технологии локального позиционирования – по результатам проведенного анализа предпочтительным представляется выбор СЛП, рассчитанных на применение RFID-меток и средств передачи данных для сверки местоположения РПЭ с данными на цифровых картах рабочих помещений ПКК.

Задачи организации двигательного поведения или навигации автономных мобильных роботов входят в число основных задач искусственного интеллекта [49].

Одно из необходимых условий автономности робота – наличие модели (карты) его операционной среды. К моделированию таких сред определилось два под-

хода: метрический, использующий геометрические свойства среды, и топологический, использующий описания связей между различными областями среды [37].

Общая задача картографирования (robotic mapping problem) подразделяется на три взаимосвязанные задачи: построение роботом карты (map exploration), определение положения робота по карте (robot self location) и проверка соответствия среды и карты или контроль карты (map validation) [51].

Последняя задача формулируется следующим образом: для заданной карты некоторой среды робот должен проверить, является эта карта описанием той среды, которую он исследует, или нет.

На ПКК данная задача может быть решена в несколько этапов, включающих в числе прочих применение развитой системы инвентаризации предметов, вновь взятых на контроль и мониторинг.

Из отдельно приведенных в ходе анализа методов позиционирования может сложиться впечатление, что для контроля местоположения людей и мобильных роботов имеются только автономно применяемые пользователем технологии, что не вполне соответствует реальному положению вещей. Напротив, сегодня многими фирмами предлагаются интегрированные решения, рассчитанные на построение единого информационного пространства. Показательный пример – серверная RFID-платформа для построения RFID-систем «ITProject RFID Server» [36]. Рассмотрим предлагаемый в этой работе способ реализации централизованного управления устройствами чтения радиометок или интеграции RFID в системы определения местоположения.

Согласно фирменному проспекту серверная RFID-платформа «ITProject RFID Server» предназначена для решения задач, связанных с разнообразным внедрением RFID-технологии. Среди основных, заявленных производителем, можно выделить задачи по отслеживанию перемещения движущихся объектов в пространстве; задачи, связанные с идентификацией объектов, и задачи, связанные с управлением доступа.

Использование RFID-платформы нацелено на то, чтобы развернуть RFID-системы на предприятии, обеспечить автоматическую интеграцию информации от RFID-считывателей в бизнес-процессы, удаленно управлять RFID-инфраструктурой.

Функциональные возможности «ITProject RFID Server» (см. схему):

- сбор данных со стационарных и мобильных RFID-считывателей;
- гибкое управление внутренними настройками («Мощность антенн», «Уведомление сообщений» и др.) стационарных RFID-считывателей от разных производителей;
- модуль «ITProject RFID TrackingService» (предназначен для мониторинга местоположения и отслеживания перемещения людей, транспорта и/или иных объектов);
- модуль «ITProject RFID DocumentService» (предназначен для получения документов с данными от RFID-устройств, их хранения и обработки, для последующей передачи их в систему учета заказчика);
- модуль «ITProject RFID AccessService» (предназначен для контроля и управления доступом людей, транспорта на предприятии, с использованием турникетов, ворот, шлагбаумов);
- мобильные RFID решения – «Мобильный склад», «Инвентаризация основных средств» и др.;
- «отраслевые» RFID модули (предназначены для решения специфичных отраслевых задач);

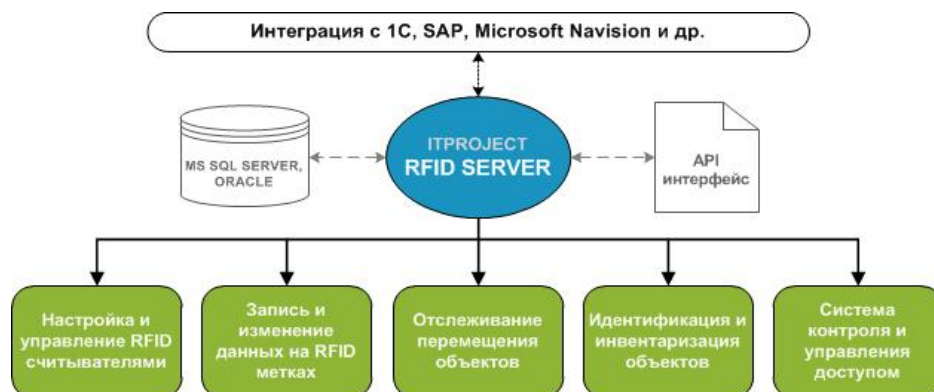


Схема назначения базовых модулей платформы «ITProject RFID Server»  
(воспроизводится по [Сайт «АйТиПроект»])

- Export / Import данных систем учета;
- запись и изменение данных на RFID-метках.

Программное обеспечение «ITProject RFID TagWriter» позволяет записывать информацию на RFID-метки. RFID-технология этой системы позволяет осуществить контроль в радиусе 3–7 метров в зоне действия считывателей (с использованием ультравысокой UHF-частоты), информация посылается на компьютер или КПК, где информация синхронизируется с базой данных.

О возможности высокой степени интеграции информации о навигации робота средствами интеллектуальной среды свидетельствует наглядный пример разработки андроида мобильного робота – помощника EMIEW-2 от фирмы Hitachi [53].

Отличительными признаками этого робота, выделяющего его в ряду подобных устройств, являются, на наш взгляд, следующие.

1) Hitachi EMIEW-2 имеет развитые средства интерфейса с пользователем и канал связи с внешним источником команд, что позволяет реализовать такие режимы, как получение извне изображения предмета и последующий его поиск в окружающей среде (система поиска вещей в помещении реализуется применением множества камер, сигналы с которых поступают к роботу); получение информации извне о назначении неизвестного предмета и правил обращения с ним (технология распознавания незнакомых Hitachi EMIEW-предметов); способность выделения речи людей на фоне шумов как внешних, присутствующих в помещении, так и внутренних, генерируемых механизмами самого робота (улучшенная система распознавания речи).

2) EMIEW-2 способен к распознаванию лиц людей, которые имеются в его базе данных, но в большинстве сложных случаев EMIEW-2 не обрабатывает получаемую извне визуальную и воспринимаемую в непосредственной близости звуковую информацию самостоятельно, а передает ее на сервер с помощью беспроводной технологии IEEE802.11a. После обработки компьютер (интегрированной информационной среды) отправляет результаты обратно роботу. В этой ситуации реализуются когнитивные возможности человека, дистанционно взаимодействующего с EMIEW-2 и принимающего решения.

3) Мобильный робот передвигается со скоростью около 6 км/ч, что соответствует скорости движения человека. Рост EMIEW-2 около 80 см, вес 1.4 кг; в обновленной версии робота применяется так называемая система «адаптивного за-

медления», благодаря которой ЕМIEW-2 способен, не теряя равновесие, осуществлять движения руками и головой при перемещениях в пространстве.

Многие из перечисленных функций рассчитаны, прежде всего, на работу ЕМIEW-2 в качестве помощника в домах престарелых или дома у пожилых людей, а также в качестве гида для посетителей в общественных учреждениях. Таким образом, существуют реальные прототипы, подтверждающие, что приведенные в сравнительном анализе решения уже вышли за рамки лабораторного макетирования и готовы для практических испытаний в предметных областях. Пилотируемая космонавтика – одна из наиболее перспективных областей испытания робототехнических систем, в частности, систем с высокой степенью автономности и мобильности в усложненных условиях среды.

### **Заключение**

В статье предпринята попытка обобщить доступные данные о разработанных для наземных условий прототипах и решениях, потенциально пригодных для повышения мобильности и автономности робота-помощника экипажа на пилотируемом космическом комплексе. На этой основе проводится обоснование средств для контроля активности мобильного робота со стороны членов экипажа на борту пилотируемого комплекса.

В настоящее время получили повсеместное применение различные способы позиционирования человека и мобильных робототехнических изделий в самых различных производственных и бытовых средах. Накоплен определенный опыт применения систем позиционирования для поддержки деятельности человека в условиях неопределенности, которая проистекает либо из-за недостаточной информационной осведомленности о состоянии среды, либо из-за трудностей оперативного получения человеком информации вследствие его психофизиологических ограничений. Достаточно очевидно, что человек с его высочайшими возможностями принятия решений может существенно компенсировать различные ограничения РПЭ, которые порождены трудностями радикального повышения сенсорных и навигационных возможностей РПЭ, приняв на себя стратегический уровень планирования полетных операций и задание посылных для РПЭ видов активности. Предполагается, что, получив предписания, РПЭ будет способен к автономным режимам функционирования, к ориентировке в среде.

Сегодня многие режимы управления, которые применяются для мобильных и манипуляционных роботов в наземных условиях, предполагают высокую загрузку человека, управляющего роботом, что в определенном смысле снижает полезный эффект от такого способа автоматизации. Например, несколько упрощая ситуацию, можно сказать, что управление, при котором космонавт должен непрерывно вмешиваться в управление роботом, становится некоторой обузой для членов экипажа ПКК (и без того предельно загруженного на определенных этапах полета вспомогательными операциями). Без достижения определенной степени автономности РПЭ его использование будет выступать для экипажа самостоятельной задачей, требующей постоянного отвлечения членов экипажа от основной деятельности, больших затрат времени, внимания и сил от каждого члена экипажа, но, в особенности, от командира экипажа, персонально ответственного за воплощение запланированной программы работ, координацию работы и эффективную коммуникацию как в экипаже, так и с группами поддержки Центра управления полетами, что непосредственно вытекает из требований обеспечения безопасности полета.

Приведенный в статье анализ позволяет наметить подходы, при которых достигается определенный компромисс между требованиями к человеку, роботу и среде, в которой они взаимодействуют при коммуникации. Следует подчеркнуть то обстоятельство, что при всех перечисленных полетных операциях и внутрикорабельных работах экипажа важнейшим условием является наличие ассистивных средств определения местоположения и поддержки коммуникации экипажа с РПЭ. Именно поэтому данные вопросы будут в центре дальнейшего анализа перспектив создания интеллектуального окружения на борту ПКК.

Показано, что рациональный выбор способа позиционирования РПЭ в рабочих отсеках и оповещения членов экипажа о состоянии среды обитания, агрегатов и приборов может стать определяющим при разработке методологии применения РПЭ на ПКК, в первую очередь, для поддержки экипажа в осуществлении достаточно простых, однообразных и повторяющихся операций.

## Выводы

Передвижение мобильного РПЭ по предустановленным маршрутам внутри рабочего пространства герметически замкнутого многомодульного и многосекционного объекта типа МКС, скорее всего, составит практически повседневный тип двигательной активности РПЭ, который может внести существенный вклад в выполнение многих полетных операций. От успешности решения задач позиционирования и навигации мобильного РПЭ внутри рабочих отсеков зависит эффективность и надежность выполнения вспомогательных операций и безопасность труда членов экипажа. Этим объясняется необходимость рассмотрения в первую очередь тех технологий, которые применяются в наземных условиях для определения местоположения внутри помещений (Indoor Positioning Systems).

Поскольку создание РПЭ с высокой степенью автономности предполагает одновременно наделять РПЭ способностью к ориентации в сложной обстановке, предложено обеспечить построение на борту ПКК сети радиометок, по которым РПЭ может выполнить проложенный на цифровой карте маршрут и проинформировать экипаж о каждой новой достигнутой точке в пространстве, отмеченной радиометкой.

Предлагается выбор технологической основы для построения системы локального позиционирования РПЭ в рабочем пространстве ППК с использованием RFID-меток и развитой системы мониторинга и интерфейсов, чтобы реализовать значительную часть интеллектуальной поддержки для РПЭ (в задачах поиска, обнаружения и распознавания предметов среды и идентификации допустимых способов манипулирования ими), а также мониторинга его двигательной активности на ПКК (с позиций «внешнего наблюдателя»). Одновременно для повышения автономности РПЭ и улучшения условий ведения оперативного взаимодействия с РПО предлагается развивать методы построения многомодального интерфейса экипажа с РПЭ в рамках предустановленных «сценариев поведения», что позволит достичь большей гибкости и оперативности совместной деятельности членов экипажа с РПЭ на ПКК. При этом команды для РПЭ должны дублироваться голосом, жестами, указанием вектора движения на графическом планшете с цифровой картой рабочих помещений интерфейса [47, 48].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аверин И.М. Определение местоположения пользователя в WiFi сети / И.М. Аверин, В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман, В.Ю. Семенов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 5(3). – С. 256–262.

- [2] Аверин И.М. Позиционирование пользователей с использованием инфраструктуры локальных беспроводных сетей / И.М. Аверин, В.Ю. Семенов // Труды IV Всероссийской конф. «Радиолокация и радиосвязь». – Москва, 2010. – С. 474–479.
- [3] Алферов Г.В. Информационные системы виртуальной реальности в мехатронике и робототехнике: Учеб. пособие / Алферов Г.В., Кулаков Ф.М., Нечаев А.И., Чернакова С.Э. – СПб.: «СОЛО», 2006. – 146 с.
- [4] Анастасьев А. Управление ИТ: от рабочих станций до бизнес-приложений // Jet Info № 11, декабрь 2011 г.
- [5] Баранов К.Ю. Управление движением мобильного информационного робота по заданной территории в условиях возможного возникновения динамических препятствий / К.Ю. Баранов // Труды региональной предметной олимпиады по робототехнике для студентов вузов Санкт-Петербурга 2011. – С. 55–60.
- [6] Батурич Ю.М. Космонавтика XXI века (попытка прогноза развития до 2101 г.) / Под редакцией Академика РАН Чертока Б.Е. Авторы: Ю.М. Батурич, Б.И. Крючков, С.А. Жуков, А.И. Шуров и др. – М.: Издательство «РТСофт», 2010. – 864 с.
- [7] Белоусов И.Р. Виртуальная среда для телеуправления роботами через сеть Интернет // Изв. РАН, Теория и системы управления. – № 4. – 2002. – С. 135–141.
- [8] Белоусов И.Р. Дистанционное обучение механике и робототехнике через сеть Интернет / И. Р. Белоусов, А. К. Платонов, Д. Е. Охочимский, В. В. Сазонов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2003. – № 2– С. 34–41.
- [9] Белоусов И.Р. Управление роботами через сеть Интернет / Сб. «Новое в управлении и автоматике». – М.: Наука, 2002.
- [10] Бранец В.Н. Лекции по теории бесплатформенных инерциальных навигационных систем управления. Учебное пособие / В.Н. Бранец. – М.: МФТИ, 2009. – 340 с.
- [11] Гейер Дж. Беспроводные сети. Первый шаг / Пер. с англ.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 192 с.
- [12] Градецкий В.Г. Построение подвижных коммуникационных сетей на базе наземных автономных мобильных роботов / В.Г. Градецкий, И.Л. Ермолов, М.М. Князьков, С.А. Соболев // Мехатроника, автоматизация, управление. – М.: Изд-во «Новые технологии». – 2011. – № 11. – С. 27–32.
- [13] Гуленко И.Е. Система видеозахвата и анализа движения – распознавание трансформаций и движения объекта // Труды конференции «Новые информационные технологии» (Судак, Крым, 15–25 мая 2004 г.). – С. 141–142.
- [14] Демаре К. Мобильные устройства – Большой Брат следит за тобой // «Мир ПК» № 10, 2012 // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://www.osp.ru/pcworld/2012/10/13017679/> свободный.
- [15] Евстафьев О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования // Геопрофи. – 2008. – № 5. – С. 43–48.
- [16] Звенигородский А.С. Анализ и моделирование команд движения интеллектуального мобильного робота // Искусственный интеллект. – № 1. – 2000. – С. 109–114.
- [17] Кашевник А.М. Интеллектуальная система автоматизированного проведения конференций / А.М. Кашевник, Ю. Вальченко, М.М. Ситаев, Н.Г. Шилов // Тр. СПИИРАН. – 14 (2010). – С. 228–243.
- [18] Комраков Д.В. Навигационные комплексы наземных мобильных средств / Д.В. Комраков // Технические науки: теория и практика: материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Чита, апрель 2012 г.). – Чита: Изд-во Молодой ученый, 2012. – С. 47–49.
- [19] Кривошеев С.В. Особенности реализации интеллектуальных тренажерных комплексов на основе интегрированной навигационной системы [Электронный ресурс] – Режим доступа к статье: <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Npdntu/Pm/2008/08ksvins.pdf> свободный.
- [20] Крючков Б.И. Антропоцентрический подход в организации совместной деятельности космонавтов ПКК и робота-помощника андроида типа / Б.И. Крючков, В.М. Усов // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – № 3(5).

- [21] Крючков Б.И. Человек и робот на пилотируемом космическом аппарате / Б.И. Крючков, С.К. Крикалёв, А.М. Салаев, В.М. Усов // Сб. научных статей по материалам докладов на Первом российско-германском семинаре по космической робототехнике, 20–23 февраля 2012 г., Германия, г. Штутгарт.
- [22] Кузовков Н.Т. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация / Н.Т. Кузовков, О.С. Салычев. – М.: Машиностроение, 1982. – 216 с.
- [23] Леонтьев Б.К. GPS: Все, что Вы хотели знать, но боялись спросить. Литературное агентство «БукПресс», 2006. – С. 11–16.
- [24] Марр Д. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
- [25] Маслов В.А. Методика идентификации и событийного управления мобильными устройствами на основе технологии Bluetooth / В.А. Маслов, А.А. Финогеев, А.Г. Финогеев // Известия вузов (Поволжский регион). – Пенза: Изд. ПГУ, 2008. – № 1. – С. 108–120.
- [26] Миронов С.В. Система технического зрения в задачах навигации мобильных объектов / С.В. Миронов, А.В. Юдин // Программные продукты и системы – Тверь: Изд-во: ЗАО НИИ «Центрпрограммсистем». – № 1. – 2011. – С. 3.
- [27] Миронов С.В., Трушкин Ф.А. Система анализа визуальных данных мобильного робототехнического комплекса // Мобильные роботы и мехатронные системы: матер. науч. шк.-конф. (Москва, 23–24 октября 2006). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006.
- [28] Миронов С.В., Юдин А.В. Система технического зрения в задачах навигации мобильных объектов // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1 – С. 3.
- [29] Патент на полезную модель № 108172 от 10.09.2011 г. Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам: Ронжин А.Л., Будков В.Ю., Прищепа М.В., Карпов А.А. Многомодальный подвижный автомат информационного самообслуживания.
- [30] Петров Н.Н. Методы счисления пути в системах местоопределения подвижных объектов // Специальная техника. – 1999. – № 3.
- [31] Петухов С.В. Применение стереотелевизионных систем технического зрения для навигации мобильных роботов // Машиностроение и инженерное образование. – М.: Изд-во: Московский государственный индустриальный университет. – № 4. – 2008. – С. 2–10.
- [32] Платов А. RFID: спорная технология будущего // Сайт «Компьютерная газета», 2009, вып. 10 // Электронный ресурс, доступ URL: [www.nestor.minsk.by/kg/2009/10/kg91018.html](http://www.nestor.minsk.by/kg/2009/10/kg91018.html) свободный (дата обращения: 01.06.2013).
- [33] Поникар А.В. Исследование возможности локального позиционирования в беспроводных сетях IEEE 802.15.4 / А.В. Поникар, О.В. Евсеев, В.Е. Анциперов, Г.К. Мансуров // IV Всероссийская конференция «Радиолокация и радиосвязь» – ИРЭ РАН, 29 ноября–3 декабря 2010 г. – С. 914–918.
- [34] Ронжин А.Л. Сравнение методов локализации пользователя многомодальной системы по его речи / А.Л. Ронжин, А.А. Карпов // Известия вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 11. – С. 41–47.
- [35] Сайт ООО «РТЛС». Технологии позиционирования в реальном времени // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа URL: <http://www.rtlsnet.ru/technology/view/4> свободный.
- [36] Сайт «АйТиПроект». Модули и сервисы для платформы «ITProject RFID Server» // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: [http://www.itproject.ru/licenzionniy\\_soft/rfid\\_infrastructure](http://www.itproject.ru/licenzionniy_soft/rfid_infrastructure) свободный
- [37] Сапунов С.В. Проверка соответствия карты при навигации мобильных роботов // Искусственный интеллект. – 2006. – № 6. – С. 77–685.
- [38] Семенов В.Ю. Определение местоположения объекта внутри помещения с развернутой сетью беспроводного Интернета // Труды «16-й Нижегородской сессии молодых ученых (естественные науки)». – Нижний Новгород, 2011 г. – С. 65–68.
- [39] Семенов В.Ю., Аверин И.М. Определение местоположения пользователя внутри помещения с развернутой WiFi сетью // Труды тринадцатой международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA'2011». – Москва, 2011 г. – С. 238–242.

- [40] Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования: Учеб. изд. – М.: ИКФ «Каталог», 2002. – 106 с.
- [41] Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научно-техн. конференции-семинара. Вып. 4 / Под ред. Р.Р. Назирова. – М.: КДУ, 2011. – 328 с.
- [42] Тимофеев А.В. Анализ, обработка и передача динамических изображений в моделях виртуальной реальности / А.В. Тимофеев, И.Е. Гуленко, М.В. Литвинов // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: [www.deria.ru/docs/analysis\\_processing\\_PRIA\\_7.pdf](http://www.deria.ru/docs/analysis_processing_PRIA_7.pdf) свободный.
- [43] Тимофеев А.В. Интеллектуальное и мультиагентное управление робототехническими системами с использованием моделей виртуальной реальности // Мехатроника. – 2000. – № 3. – С. 26–31.
- [44] Харисов В.Н. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / А.И. Перов, В.А. Болдин. – М.: ИПРЖР, 1998. – 395 с.
- [45] Щекотов М.С. Сравнительный анализ систем позиционирования в помещениях, основанных на технологиях связи, поддерживаемых смартфонами / М.С. Щекотов, А.М. Кашевник // Тр. СПИИРАН. – 2012. – № 23. – С. 459–471.
- [46] Юзов Н.И. Внекорабельная деятельность космонавтов / Юзов Н.И., Крючков Б.И., Шувалов В.А. – Звездный городок: РГНИИЦПК, 1998. – 376 с.
- [47] Юсупов Р.М. Модели и программно-аппаратные решения автоматизированного управления интеллектуальным залом / Юсупов Р.М., Ронжин А.Л., Прищепа М.В., Ронжин А.Л. // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 7. – С. 39–49.
- [48] Юсупов Р.М. От умных приборов к интеллектуальному пространству / Р.М. Юсупов, А.Л. Ронжин // Вестник Российской академии наук. – 2010. – Т. 80. – № 1. – С. 45–51.
- [49] Borenstein J. Everett B., Feng L. Navigation Mobile Robots: System and Techniques. – A.K. Peters, Ltd., Wellesley, MA., 1996. – 223 p.
- [50] Davies E.R. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. – Morgan Kaufmann, 2005. – 934 p.
- [51] Dudek J., Jenkin M., Milios E., Wilkes D. Map Validation and Robot Self-Location in a Graph-Like World // Robotics and Autonomous Systems. – 1997. – Vol. 22 (2). – P. 159-178.
- [52] Hatami A., Alavi B., Pahlavan K., Kanaan M.A. Comparative Performance Evaluation of Indoor Geolocation Technologies // Interdisciplinary Inf. Sciences. 2006. V. 12. № 2. – P. 133.
- [53] Hitachi EMIEW-2. // [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: URL: <http://ria.ru/science/20120222/572120168.html> URL: <http://roboting.ru/1190-hitachi-predstavila-novuyu-versiyu-robota-emiew-2.html> свободный.
- [54] Karpov A.A., Ronzhin A.L. Information Enquiry Kiosk with Multimodal User Interface // Pattern Recognition and Image Analysis, Moscow: MAIK Nauka/Interperiodica, Vol. 19, № 3, 2009, pp. 546–558.
- [55] Opoku, S.K. An Indoor Tracking System Based on Bluetooth Technology // Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT), Vol. 2, No. 12, pages 1–8, 2011.
- [56] Ronzhin A.L., Prischepa M.V., Karpov A.A. A Video Monitoring Model with a Distributed Camera System for the Smart Space // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. Balandin et al. (Eds.): NEW2AN/ruSMART 2010, LNCS 6294, 2010, pp. 102–110.
- [57] Rubbany A. El. Introduction to the Global Positioning System. London: Artech House, 2002, 194 p.
- [58] Timofeev A.V., Gulenko I.E., Litvinov M.V. Analysis, Processing and Transfer of Dynamic Images in Virtual Reality Models. // Pattern Recognition and Image Analysis, vol.16, No. 1, pp. 97–99, 2006.
- [59] Timofeev A.V. Intelligent Control and Multi-Agent Navigation of Robots // Proceeding of 16-th Annual Meeting IAR/ICD Workshop (Nov. 22–23, 2001, Strasbourg, France), pp. 123–128.
- [60] Tango: Project Tango Google – смартфон с 3D-сканером пространства. / Электронный ресурс. URL: <http://habrahabr.ru/post/213381/>; свободный, дата обращения 2014.08.29; Introducing Project Tango URL: <https://www.google.com/atap/projecttango/>; data 2014.08.29.



УДК 629.784:629.78.072.8

## **ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ ПИЛОТИРУЕМОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРАБЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

А.А. Гусельников, Д.В. Путилин, Г.Д. Орешкин, В.П. Хрипунов

А.А. Гусельников; Д.В. Путилин; канд. техн. наук, доцент Г.Д. Орешкин; канд. техн. наук, доцент В.П. Хрипунов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Статья посвящена задаче создания тренажеров пилотируемых транспортных кораблей нового поколения (НП). Предложена общая концепция и сформулированы основные принципы создания тренажеров кораблей новой серии. Представлен типологический ряд тренажеров, создание которых необходимо для обеспечения подготовки экипажей по орбитальной и лунной программам перспективной пилотируемой транспортной системы. Проанализирована очередность ввода в строй тренажеров и их эксплуатации одновременно с тренажерами предыдущей серии кораблей.

**Ключевые слова:** пилотируемый транспортный корабль нового поколения, комплексные и специализированные тренажеры, функционально-моделирующие стенды, проектирование и создание технических средств подготовки космонавтов, типология, очередность ввода в строй.

### **Typological Series of Simulators for Training Crews of a New-Generation Manned Transport Vehicle. A.A. Guselnikov, D.V. Putilin, G.D. Oreshkin, V.P. Khripunov**

The paper is devoted to the development of simulators of the new-generation manned transport vehicles. It suggests the general conception and basic principles of their development and presents the typological series of simulators required for training crews for orbital and lunar programs. The authors analyze the sequence of putting them into operation and their operation simultaneously with simulators of the previous vehicle family.

**Keywords:** a new-generation manned transport vehicle, integrated and dedicated simulators, functional-modeling stand, designing and building of technical means for cosmonaut training, typology, sequence of putting into operation

В настоящее время разрабатывается проект пилотируемого транспортного корабля нового поколения (ПТК НП), который предназначен для решения задач транспортно-технического обеспечения орбитальных станций, технического обслуживания и ремонта автоматических космических аппаратов, выполнения широкого спектра научно-прикладных исследований и экспериментов, а также для реализации пилотируемых полетов на Луну и обеспечения транспортировки грузов на трассах «Земля–Луна» [1, 2]. Общая концепция проекта перспективной пилотируемой транспортной системы предполагает также стыковку с лунным модулем на орбите Луны для спуска экипажа на лунную поверхность и взлету обратно на орбиту Луны [2, 3].

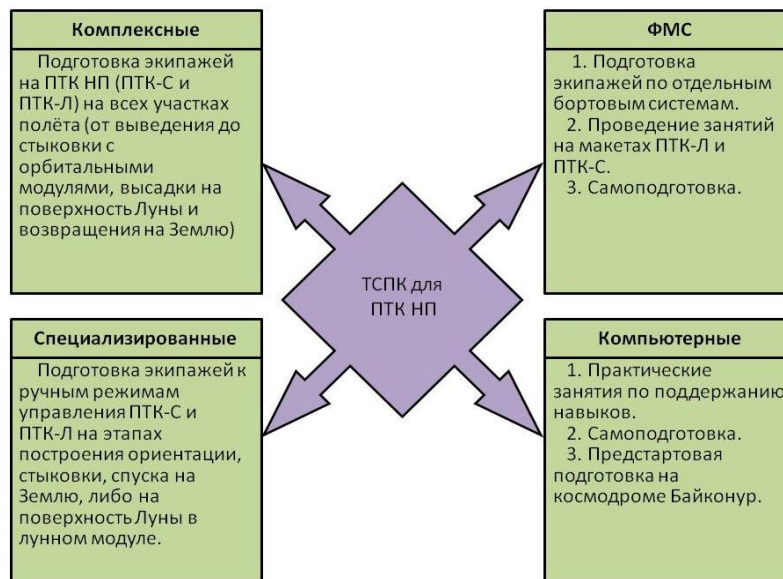
Принятие решения о создании ПТК НП поставило вопрос о проектировании и создании технических средств подготовки космонавтов (ТСПК) к полетам на ПТК НП.

### Общая концепция создания ТСПК для ПТК

При создании ТСПК ПТК НП необходимо учесть многолетний опыт их разработки, в первую очередь, ТСПК транспортных пилотируемых кораблей (ТПК) «Союз» ТДК-7СТ и «Дон-Союз», построенных на базе полномасштабных макетов летного изделия. Так, например, в настоящее время для подготовки космонавтов к полету на ТПК «Союз ТМА-М» по программе МКС используются следующие ТСПК (см. рисунок):

- комплексные тренажеры;
- специализированные тренажеры;
- функционально-моделирующие стенды (ФМС);
- компьютерные тренажеры.

В данной статье рассматривается вопрос только о проектировании комплексных и специализированных тренажеров ТК ПТК НП на базе полномасштабных макетов корабля.



Типы ТСПК для ПТК НП

Среди основных технических принципов построения ТСПК [3] при создании тренажеров ПТК НП необходимо в первую очередь выделить несколько принципов.

#### 1. Принципы модульности и унификации.

В структуре всех тренажеров необходимо максимально широко использовать элементы, которые могут быть в высокой степени унифицированы. Кроме того, предлагается построение тренажеров на принципах открытых модульных систем, то есть на базе отдельных блоков (модулей), которые можно достаточно просто вводить в состав системы, заменять и модифицировать без потери ее работоспособности. Такие принципы создания тренажеров позволят снизить суммарную стоимость создания всех ТСПК ПТК НП в среднем на 30 % и сократить сроки их создания, особенно тренажеров второй очереди [4].

2. Принцип информационной связанности тренажеров в едином информационном поле. Данный принцип позволит реализовать следующие режимы функционирования тренажеров:

- проведение тренировок на различных тренажерах в совместном режиме (например, срочное покидание орбитального комплекса двумя экипажами);
- включение в состав тренажера модулей и частей другого тренажера (взамен неисправных) за счет перераспределения информационных потоков. Это позволит упростить процесс взаимозаменяемости элементов тренажера, а значит – повысить надежность и живучесть комплекса тренажеров в целом. Так, например, при выходе из строя одного из каналов системы компьютерной генерации изображения одного из тренажеров ПТК, для проведения тренировки на этом тренажере может быть задействован один из каналов совершенно другого тренажера ПТК, без его физической замены, только путем программной коммутации каналов системы компьютерной генерации изображений, что потребует не более трех минут.

3. Принцип повторного использования ранее обоснованных и опробованных проектных решений, программных и технических продуктов. Повторное использование алгоритмов и программ функционального моделирования по разным оценкам позволяет на 20–40 % снизить стоимость и время на новые разработки [6].

Необходимо учесть, что для подготовки экипажей с использованием особой модификации ПТК, предназначенного для выполнения миссий для полета на орбиту Луны и высадку на ее поверхность (ПТК-Л), дополнительно потребуется создание тренажеров других типов для отработки уникальных полетных операций на этапах, не предусмотренных миссией корабля ПТК-С:

- стыковка корабля с разгонным блоком (РБ);
- перелет корабля ПТК-Л между орбитами Земли и Луны;
- маневры на орбите Луны, стыковка с лунным модулем (ЛМ);
- переход экипажа в лунный модуль и расстыковка ПТК-Л и ЛМ;
- спуск ЛМ на лунную поверхность;
- старт ЛМ с поверхности Луны;
- стыковка ЛМ с ПТК-Л;
- переход экипажа из ЛМ в ПТК-Л;
- расстыковка ЛМ и ПТК-Л;
- обратный перелет с орбиты Луны на околоземную орбиту.

Прямое наращивание количества тренажеров для решения каждой из этих специфических задач подготовки потребовало бы существенных дополнительных площадей, соответствующего дополнительного дорогостоящего оборудования и увеличения штата сотрудников, обеспечивающих подготовку космонавтов и эксплуатацию тренажеров.

Поэтому для сокращения количества тренажеров предлагается создать комплекс так называемых «многофункциональных» тренажеров (для тренировок по содержательно близким полетным задачам), обеспечивающих максимальное совмещения функций на каждом из тренажеров, а также дублирования функциональных возможностей без ущерба для выполнения основных режимов. Вплоть до того, чтобы специализированные тренажеры дублировали некоторые функции комплексных (в случае остановки комплексного тренажера на время доработок, неисправностей или регламентных работ). При этом необходимый запас пропускной способности мог бы обеспечиваться вводом в строй дополнительных комплектов тренажеров.

Таким образом, при создании тренажеров необходимо учитывать, чтобы тренажеры одного и того же назначения соответствовали нескольким полетным задачам, более того, задачам, которые относятся к разным этапам полета. Расчеты показывают [6], что разработка номенклатуры комплексных и специализированных тренажеров с учетом максимально возможного совмещения близких по составу операций элементов полетной деятельности в каждом из них дает существенную экономию, связанную с сокращением количества специализированных технических средств подготовки почти на 30 %. А с учетом учебно-тренировочных макетов, предназначенных для обеспечения практической подготовки космонавтов, нагрузка на тренажеры может быть даже снижена.

Подобная оптимизация номенклатуры тренажеров ПТК НП показала, что для обеспечения подготовки экипажей по всем режимам будет достаточно шести типов тренажеров, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Номенклатура тренажеров ПТК-С, ПТК-Л

Тренажер	Особенности состава тренажера	Основные режимы	Другие режимы
<b>Первая очередь</b>			
Комплексный тренажер ПТК-С	<b>Макет возвращаемого аппарата:</b> – штатный комплекс средств спасения; – штатная бортовая вычислительная аппаратура; – штатное оборудование корабля; – штатные пульта космонавтов	Подготовка к полету на ПТК-С к объектам космической инфраструктуры на околоземной орбите, включая этапы предстартовой подготовки на Земле, выведение, построение ориентации, маневры на орбите, автономный полет, сближение и стыковка, расстыковка, спуск и посадка на Землю	«Холодный резерв» – основные режимы тренажера КТ ПТК-Л1
Комплексный тренажер ПТК-Л1	<b>Макет возвращаемого аппарата:</b> – штатный комплекс средств спасения; – штатная бортовая вычислительная аппаратура; – штатное оборудование корабля; – штатные пульта космонавтов	Подготовка к полету на ПТК-Л к окололунной орбите, включая этапы предстартовой подготовки на Земле, выведение, построение ориентации, маневры на орбите, стыковка с разгонным блоком и выдача разгонного импульса, автономный полет, сближение и стыковка с лунным модулем, расстыковка с лунным модулем, автономный полет к околоземной орбите, спуск и посадка на Землю	Проведение практических занятий по системам ПТК-Л и ПТК-С. «Холодный резерв» – основные режимы тренажеров КТ ПТК-Л2, КТ ПТК-С

Продолжение таблицы 1

Тренажер	Особенности состава тренажера	Основные режимы	Другие режимы
Специализированный тренажер ПТК-С	<b>Макет возвращаемого аппарата:</b> – алгоритмы управления кораблем и его системами должны быть реализованы средствами СПО тренажера; – штатные ручки управления кораблем; – штатные пульта космонавтов; – остальное оборудование корабля в рабочей зоне оператора должно быть выполнено в тренажерном или макетном исполнении	Подготовка к выполнению ручных режимов сближения и стыковки с объектами околоземной космической инфраструктуры	«Холодный резерв» – основные режимы тренажеров СТ ПТК-Л1, СТ ПТК-Л2
<b>Вторая очередь</b>			
Комплексный тренажер ПТК-Л2	<b>Макет возвращаемого аппарата, макет лунного модуля:</b> – штатный комплекс средств спасения; – модель бортовой вычислительной аппаратуры; – оборудование корабля в штатном, либо тренажерном исполнении; – штатные пульта космонавтов	Подготовка к полету на ПТК-Л к окололунной орбите, включая этапы перехода экипажа из ТК в лунный модуль, маневры в лунном модуле на окололунной орбите, спуск и посадка на поверхность Луны, предстартовая подготовка на поверхности Луны, выведение в лунном модуле на орбиту и стыковка с ПТК-Л	Проведение практических занятий по системам ПТК-Л и ПТК-С. «Холодный резерв» – основные режимы тренажеров ПТК-Л1, СТ ПТК-Л2
Специализированный тренажер ПТК-Л	<b>Макет возвращаемого аппарата:</b> – алгоритмы управления кораблем и его системами должны быть реализованы средствами СПО тренажера; – штатные ручки управления кораблем; – пульта космонавтов в тренажерном исполнении; – остальное оборудование корабля в рабочей зоне оператора должно быть выполнено в тренажерном или макетном исполнении	Подготовка экипажей к выполнению ручных режимов сближения, причаливания и стыковки с разгонным блоком и лунным модулем. Проведение практических занятий по навигации и построению различных режимов ориентации на орбитах Земли и Луны	«Холодный резерв» – основные режимы тренажеров СТ ПТК-С

Окончание таблицы 1

Тренажер	Особенности состава тренажера	Основные режимы	Другие режимы
Специализированный тренажер ЛМ	<p><b>Макет возвращаемого аппарата, макет лунного модуля:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– алгоритмы управления кораблем и его системами должны быть реализованы средствами СПО тренажера;</li> <li>– штатные ручки управления кораблем;</li> <li>– пульта космонавтов в тренажерном исполнении;</li> <li>– остальное оборудование корабля в рабочей зоне оператора должно быть выполнено в тренажерном или макетном исполнении</li> </ul>	Подготовка экипажей к выполнению ручных режимов, предусмотренных при управлении лунным модулем (спуск на поверхность Луны, возвращение на орбиту Луны, стыковка с кораблем ПТК)	«Холодный резерв» – режимы тренажеров КТ ПТК-Л2 в лунном модуле

### Очередность ввода в строй тренажеров.

#### Тренажеры первой очереди

Важной задачей, которую предстоит решить, является обеспечение параллельной работы двух комплексов тренажеров по новому ПТК и действующему ПТК «Союз» в тот период, когда будет осуществляться «пересменка» кораблей.

Для обеспечения тренировок на переходный период необходимо предусмотреть двухэтапную схему создания тренажеров ПТК: тренажеры первой очереди, которые будут создаваться на имеющихся в Центре подготовки космонавтов площадях, и тренажеры второй очереди, которые будут созданы на месте демонтированных тренажеров ПТК «Союз» после прекращения их полетов. Очередность ввода в строй тренажеров определяется, исходя из принципа взаимозаменяемости, так, чтобы тренажеры первой очереди могли дублировать функциональные возможности тренажеров второй очереди. Например, комплексный тренажер ПТК-С сможет дублировать все динамические режимы тренажера ПТК-Л1 на этапах выведения, маневров, спуска, а специализированный тренажер ПТК-Л сможет обеспечить тренировки по работе с системами корабля ПТК-Л. Таким образом, комплексный тренажер ПТК-С и специализированный тренажер ПТК-Л вместе смогут дублировать все режимы тренажера ПТК-Л1. Реализация принципа взаимозаменяемости режимов на тренажерах ПТК-С и ПТК-Л приведена в табл. 2.

Ниже приведено краткое описание тренажеров первой очереди в предлагаемом хронологическом порядке их создания.

#### 1. Комплексный тренажер ПТК-С.

На начальных этапах транспортные корабли ПТК НП будут осуществлять полеты к объектам орбитальной космической инфраструктуры, а также автономные полеты на околоземной орбите, следовательно, в первую очередь необходимо будет создать тренажер, предназначенный в основном для подготовки космонавтов именно к полетам на орбиту Земли и возвращению на Землю. Такой тренажер должен функционально обеспечивать проведение тренировок по всем режимам полета ПТК-С к орбитальным модулям и обратно на Землю. Как и на любом дру-

гом комплексном тренажере необходимо обеспечить возможность использования средств спасения (скафандров) и средств обеспечения жизнедеятельности экипажа во время полета, а также возможность управления экипажем всеми бортовыми системами корабля в соответствии со штатным изделием.

Таблица 2

Реализация принципа взаимозаменяемости основных режимов тренажеров ПТК НП

Основные режимы	Тренажер для реализации режимов (очередность тренажера)	
	основной	дублирующий
Выведение на орбиту Земли, маневры на околоземной орбите, автономный полет, стыковка с объектами околоземной космической инфраструктуры	КТ ПТК-С (1)	КТ ПТК-Л (1)
Спуск с орбиты Земли, посадка	КТ ПТК-С (1)	КТ ПТК-Л (1)
Перелет «Земля–Луна»	КТ ПТК-Л (1)	КТ ПТК-С (1)
Стыковка с ЛМ+ПТК. Полет в связке с лунным модулем	КТ ПТК-Л (1)	КТ ПТК-С (1)
Расстыковка лунного модуля от ПТК, спуск и посадка на поверхность Луны	КТ ПТК-Л+ЛМ (2)	СТ ЛМ (2)
Старт с поверхности Луны в ЛМ, стыковка с ПТК	КТ ПТК-Л+ЛМ (2)	СТ ЛМ (2)
Ручные режимы сближения и стыковки с околоземными орбитальными модулями	СТ ПТК-С (1)	СТ ПТК-Л (2)
Ручные режимы сближения и стыковки с лунным модулем и разгонным блоком	СТ ПТК-Л (2)	СТ ПТК-С (1)
Ручные режимы управления лунным модулем	СТ ЛМ (2)	КТ ПТК-Л+ЛМ (2)

Очевидно, что процесс получения окончательных исходных данных о изделии будет затруднителен из-за частых изменений в конструкции и системах корабля, которые будут происходить уже во время создания летного изделия. Таким образом, комплексный тренажер ПТК-С, как и все тренажеры первой очереди, будет создаваться на фоне создания уже летного изделия, а значит в условиях острой нехватки времени. Предполагается, что вопросы экономии времени станут превышать вопросов материальных затрат. Основные наиболее затратные по времени составляющие при создании тренажера – это создание рабочего места оператора (РМО) и объединение структурных частей тренажера в единый комплекс [6], поэтому для скорого ввода в строй нового тренажера предлагаются две принципиальные позиции:

а) использование в качестве РМО полномасштабного макета, изготовленного на заводе-изготовителе летного изделия и оснащенного бортовым оборудованием в соответствии с техническим заданием. Такой путь создания тренажера позволит осуществить поставку макета приблизительно за 12 месяцев до завершения испытаний летного изделия;

б) максимальное использование штатного оборудования и, в первую очередь, штатной бортовой вычислительной системы транспортного корабля, интегрируя их с вычислительной сетью тренажера и комплексом системы управления тренировкой. Данный путь создания тренажера представляется наиболее экономически затратным, но, вместе с тем, и наиболее быстрым, так как устраняется необходимость создания и отладки программного обеспечения модели бортовой вычислительной машины. Таким образом, наиболее затратными по времени окажутся только операции по сопряжению штатного оборудования с вычислитель-

ным комплексом тренажера. Кроме того, максимально упростится процесс замены бортового оборудования в соответствии с новыми исходными данными, которые на этапе создания нового корабля могут меняться довольно часто.

В соответствии с принципом взаимозаменяемости, на этом тренажере должна частично обеспечиваться комплексная подготовка экипажей ПТК-Л в объеме соответствующих задач.

### 2. Комплексный тренажер ПТК-Л1.

На ПТК НП планируется осуществлять полеты также к объектам космической инфраструктуры, которые будут развернуты в перспективе на орбите Луны (спуск на лунную поверхность, как предполагается, будет происходить в специализированном лунном модуле). Помимо стандартного набора операций по доставке экипажа на околоземную орбиту, выполнение такого полета предусматривает также режимы, необходимые для стыковки корабля с разгонным блоком, перелета с орбиты Земли на орбиту Луны и стыковку с лунным модулем. Для реализации программы подготовки космонавтов к полету на орбиту Луны предлагается создание комплексного тренажера ПТК-Л.

Весь процесс ввода в строй тренажера должен осуществляться параллельно с созданием комплексного тренажера ПТК-С, поэтому при создании ПТК-Л в условиях дефицита времени предлагается использовать описанные выше методы, что и для тренажера ПТК-С:

а) программное обеспечение тренажера и системы управления тренировкой должно быть адаптировано, в первую очередь, для выполнения режимов, необходимых при осуществлении межорбитального перелета;

б) компоновка, оборудование, а также штатное программно-вычислительное оборудование тренажера должно соответствовать модификации корабля ПТК-Л.

В качестве «холодного резерва» данный тренажер будет реализовывать основные режимы тренажеров ПТК-Л2 и ПТК-С.

### 3. Специализированный тренажер ручных режимов стыковки ПТК-С.

Помимо режимов штатной стыковки с объектами орбитальной земной инфраструктуры в автоматическом режиме, транспортный корабль ПТК НП в случае нештатной ситуации будет предполагать использование ручных режимов стыковки. Для осуществления качественной подготовки космонавтов к выполнению режимов (привития навыков управления кораблем в ручном режиме) предлагается использовать специализированный тренажер ПТК-С. Отработку ручных режимов сближения, причаливания и стыковки с объектами орбитальной космической инфраструктуры можно проводить на уже готовом комплексном тренажере ПТК-С, а также адаптировать для этих целей программное обеспечение одного из специализированных тренажеров ручных режимов причаливания корабля «Союз ТМА-М» («Дон-Союз ТМА»). Поэтому создание данного тренажера уже не должно «упираться» в такие же жесткие временные рамки, как при создании комплексного тренажера ПТК-С. Кроме того, наиболее вероятно, что в испытательных целях первые пилотируемые полеты на новом корабле будут выполняться исключительно в автономном режиме, без стыковок с орбитальными модулями. Таким образом, при создании данного тренажера предлагается уже с большей серьезностью подходить и к экономической составляющей.

Полномасштабный макет РМО предлагается изготовить не на заводе-изготовителе, а на другом предприятии, с которым будет подписан соответствующий договор. Реализация такого пути увеличит время создания макета, преж-



де всего, за счет потребности разработчиков в окончательных исходных данных и более продолжительными работами по изготовлению макета (математическое ожидание продолжительности изготовления макета от начала работ до поставки его в ЦПК составит около 21,5 месяца) и, в свою очередь, такой метод удешевит затраты на создание макета приблизительно на 30 % [4].

Так как для реализации задач ручных режимов сближения, причаливания и стыковки необходима лишь малая часть алгоритмов штатного бортового программного обеспечения, то в целях экономии на тренажере предлагается реализовать эти алгоритмы в рамках создания модели бортового программного обеспечения. Ввиду специфики режимов, выполняемых на данном тренажере, ручки управления кораблем должны быть штатные. Пульт космонавтов также предлагается использовать штатный, так как его изготовление в тренажном исполнении на сторонних предприятиях будет еще более затратным по времени ввиду отсутствия налаженности производства.

В качестве «холодного резерва» тренажер также будет использоваться для выполнения основных режимов специализированных тренажеров ПТК-Л1 и ПТК-Л2.

### **Тренажеры второй очереди**

После ввода в строй всех тренажеров первой очереди и окончания полетов на кораблях «Союз», необходимо будет приступить к созданию тренажеров второй очереди. Как показывают результаты исследований, создание тренажерного комплекса ниже средней стоимости создания комплекса тренажеров с автономной структурой [4]. Ввиду большого запаса по времени предлагается отказаться от создания отдельных тренажеров и создать тренажерный комплекс, который будет включать в себя несколько функционально связанных между собой тренажеров, работающих как в автономном, так и в совместном режимах. Со временем в этот тренажерный комплекс предлагается включить и уже готовые на тот момент тренажеры первой очереди. Ниже представлены три предлагаемых тренажера в составе тренажерного комплекса.

#### **1. Комплексный тренажер ПТК-Л2.**

При успешном проведении летных испытаний нового корабля, очевидно, что через некоторое время полеты экипажей на кораблях «Союз» будут окончательно прекращены, а ПТК НП станет активнее использоваться не только для полетов к орбитальным модулям, но и для полетов к Луне, и, что более важно, для осуществления высадки экипажей на лунную поверхность с помощью лунного модуля. Это обуславливает необходимость создания тренажера, предназначенного не только для подготовки экипажей к перелету на орбиту Луны, но и к полету на лунном модуле и высадке на поверхность Луны. Основной упор в данном тренажере предлагается сделать на режимы полета, которые предполагают пребывание экипажа в лунном модуле.

Из задач, решаемых данным тренажером, следует, что, помимо макета нового корабля, конструктивно тренажер будет включать в себя еще и макет лунного модуля, который будет расположен рядом с макетом ПТК НП. Ввиду того, что на этот момент уже будет создан макет РМО транспортного корабля на стороннем предприятии для специализированного тренажера ПТК-С, этот процесс уже будет налажен, поэтому макет РМО ПТК НП для тренажера ПТК-Л2 предлагается изготовить таким же методом по каркасно-модульной технологии. В то же время, макет лунного модуля должен быть создан на заводе-изготовителе.

Комплексный тренажер ПТК-Л2 предполагает выполнение большого количества режимов, которые так или иначе будут использовать все бортовые системы корабля, а значит, моделирование алгоритмов бортовых вычислительных комплексов программными средствами будет сильно затруднено, особенно в условиях частой смены версий штатного программного обеспечения от одного изделия к другому. В данном тренажере предлагается использовать штатные бортовые вычислители со штатным программным обеспечением, либо в качестве альтернативы рассмотреть возможность интеграции штатного программного обеспечения в состав программного обеспечения тренажера.

В качестве «холодного резерва» тренажер также будет использоваться для выполнения основных режимов комплексного тренажера ПТК-Л1.

### 2. Специализированный тренажер ручных режимов стыковки ПТК-Л.

Во время выполнения лунных миссий одной из важнейших задач станет стыковка корабля ПТК НП с разгонным блоком и лунным модулем. Кроме того, в процессе подготовки необходимо привить космонавтам навыки построения ориентации в ручном режиме, а также, в случае необходимости, навыки управления роботизированными манипуляторами в составе корабля. Для этих целей предлагается создать специализированный тренажер ручных режимов ПТК-Л.

В целом, по принципам построения и конструкции тренажер будет идентичен специализированному тренажеру ПТК-С. Существенное отличие предлагается сделать в части реализации расширенной системы имитации визуальной обстановки, например, за счет развертывания вокруг макета тренажера куполообразного экрана. Такое новшество позволит наиболее точно осуществлять визуализацию окружающего пространства, что необходимо для проведения тренировок по ручным режимам сближения и построению ориентации как на орбите Земли, так и на орбите Луны. Данный тренажер, благодаря улучшенной системе имитации визуальной обстановки, также можно использовать для проведения практических занятий по навигации.

В качестве «холодного резерва» тренажер будет использоваться и для выполнения основных режимов тренажера ПТК-С.

### 3. Специализированный тренажер ЛМ.

При выполнении спуска на лунную поверхность в лунном модуле очевидно, что особое внимание будет уделено управлению лунным модулем на этапе спуска. Наиболее вероятно, что штатно этот процесс будет протекать в автоматическом режиме. Однако при отказах автоматики для управления кораблем на этапах спуска (а также, возможно, и на этапе старта с лунной поверхности) будет предусмотрен резервный режим ручного управления. Привитие и поддержание навыков ручного управления лунным модулем на этапах спуска на поверхность Луны станет одним из важнейших этапов подготовки лунных миссий. Именно для таких целей и предназначен специализированный тренажер ЛМ.

Как следует из назначения данного тренажера, основным РМО будет макет лунного модуля. Вполне вероятно, что для тренировок по режимам ручного управления лунным модулем как на этапах спуска на поверхность Луны, так и при стыковке/расстыковке с кораблем ПТК будет необходима совместная работа с экипажем, находящимся внутри ПТК. Однако предлагается полностью отказаться от создания макета транспортного корабля в составе данного тренажера в пользу использования макета ТК специализированного тренажера ПТК-Л в составе тренажерного комплекса. Такой вариант совместного использования специализиро-

ванных тренажеров ПТК-Л и лунного модуля дает существенную выгоду как экономическую, так и по времени, связанную с отсутствием необходимости создания еще одного макета ПТК в составе данного тренажера.

Как и для всех специализированных тренажеров, макет РМО предлагается изготовить по каркасно-модульной технологии.

Изготовление еще одного штатного бортового программно-вычислительного комплекса под задачи специализированного тренажера нецелесообразно. Одним из вариантов будет использование штатного бортового оборудования либо штатных бортовых программ комплексного тренажера ПТК-Л2 в составе специализированного тренажера лунного модуля. Этого можно будет достигнуть за счет перераспределения информационных потоков в составе всего тренажерного комплекса на время тренировки. Однако для такого решения требуется анализ всей программы необходимых тренировок на лунном модуле. В том случае, если существенная часть тренировок на лунном модуле будет проходить с соответствия с использованием штатных бортовых программных средств лунного модуля, то единственной причиной, по которой будет необходим специализированный тренажер лунного модуля, станет принцип взаимозаменяемости тренажеров. Это приведет к тому, что создание специализированного тренажера лунного модуля станет нецелесообразным, а тренировки по его режимам можно с тем же успехом проводить на лунном модуле комплексного тренажера ПТК-Л2. Наиболее приемлемым предлагается вариант реализации алгоритмов, отвечающих за управление лунным модулем, в составе программного обеспечения тренажера.

В качестве «холодного резерва» тренажер также будет использоваться для выполнения режимов с использованием лунного модуля комплексного тренажера ПТК-Л2.

В заключение необходимо отметить, что проблема проектирования и создания тренажеров для подготовки экипажей на ПТК НП стоит еще острее, чем создание самого корабля, так как подготовка к полету, а значит, и эксплуатация нового тренажера должны начаться задолго до запуска первой пилотируемой миссии и готовности первого летного образца. От того, насколько качественно и своевременно будут подготовлены экипажи к полету на новом ПТК НП, зависит успех каждой миссии и всей программы в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Краснов А.Б. Перспективный российский корабль доберется до МКС вдвое быстрее предшественника. Новости Федерального космического агентства. <http://www.federalspace.ru/main.php?id=2&nid=11760>.
- [2] Prospective Piloted Transport System, PPTS/ACTS. <http://www.russianspaceweb.com/ppts.html>.
- [3] Попов В.А. Что придет на смену «Союзам» // Российский космос. – 2013. – № 12(96).
- [4] Лункин К.С. Опыт создания и эксплуатации вычислительной системы комплекса тренажеров по программе «Мир». – М.: Авиакосмическое приборостроение, 2005. – № 4.
- [5] Игнатъев С.В., Хрипунов В.П. Задачи и принципы создания комплекса тренажеров для подготовки космонавтов по лунной и марсианской программам // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(2). – 2011.
- [6] Наумов Б.А. Космические тренажеры. Монография. – Звёздный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2013.
- [7] Шукшунов В.Е., Циблиев В.В., Потоцкий С.И. и др. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации. – М.: Машиностроение, 2005.

УДК 629.78.067:621.865

## ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Б.В. Бурдин, А.Н. Супотницкий

Канд. техн. наук, старший научный сотрудник Б.В. Бурдин; А.Н. Супотницкий (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье анализируются некоторые проблемы, связанные с рисками создания и применения антропоморфной робототехнической системы космического назначения (АРТС КН). Предложена структура классификации рисков, определены основные положения стратегии управления рисками, разработаны некоторые рекомендации, которые могут способствовать снижению или предотвращению вероятных рисков, повышению безопасности и эффективности работ, выполняемых с применением АРТС КН.

**Ключевые слова:** антропоморфная робототехническая система, безопасность, дистанционное управление, космонавт, космос, оператор, режим управления, риски, факторы опасности.

### **Study of the Risks of the Creation and Application of Space Anthropomorphic Robotic Systems. B.V. Burdin, A.N. Supotnitsky**

The paper analyzes some problems connected with the risks of the creation and application of space anthropomorphic robots. Also, it presents the framework for risk classification, basic provisions for the risk management strategy, some recommendations that may facilitate to mitigate or avert the possible risks, to improve the safety and efficiency of activity using robots.

**Keywords:** anthropomorphic robotic system, safety, remote control, cosmonaut, space, operator, control mode, risks, hazards.

### **Общая постановка проблемы исследования рисков АРТС КН**

Деятельность человека в космосе сопряжена со многими опасностями и непредсказуемыми событиями. Желательно, чтобы всякие вновь привносимые в космос формы деятельности, характерные для применения малоизученных объектов, призванных облегчить деятельность космонавтов, не приносили дополнительных опасностей, а также не приводили к нанесению неприемлемого ущерба. Для того, чтобы снизить количество нежелательных и опасных событий, исключить последствия их появления, достигнуть поставленных целей, необходимо исследовать риски использования АРТС КН.

В самом общем виде понимание риска состоит в следующем. Риск – это некий опасный фактор, событие, которые являются следствием влияния неопределенности на достижение поставленных целей, отклонения от ожидаемого результата или события (позитивного и/или негативного). Неопределенность здесь понимается как состояние полного или частичного отсутствия информации, необходимой для понимания события, его последствий и возможностей. Часто риск представляют в виде последствий возможного события, включая изменение обстоятельств и соответствующей вероятности [1].

Реализация проекта АРТС КН должна включать в себя управление рисками, т.е. принятие мер, направленных на изменение рисков, за исключением допустимых. Обычно в ходе данного процесса проводится определение, обработка и мо-

мониторинг рисков, возникающих в течение полного жизненного цикла, а также вырабатывается реакция на каждый риск в терминах, соответствующих мер противодействия риску или его принятия [1].

Для получения полноты представлений при исходном мониторинге рисков и обзорном исследовании широкого круга проблем, связанных с возникновением, проявлением и управлением рисками АРТС КН, целесообразно рассматривать следующие известные фазы жизненного цикла данной системы [2, 11]:

- разработку (проектирование), производство и испытания АРТС КН;
- эксплуатацию АРТС КН, включающую в себя ее применение (использование), в том числе после модернизации, техническое обслуживание и различные услуги, включая ремонт;
- снятие с эксплуатации АРТС КН, как объекта эксплуатации, повторное использование ее исправных составных частей.

Практически на всех указанных выше этапах в той или иной степени присутствует опасность попадания в зоны существования рисков, где потенциально могут появиться условия для их расширения, что весьма вероятно в непредвиденных ситуациях. Поэтому необходимо постоянно вести исследования и учет рисков в течение жизненного цикла АРТС КН и управлять ими. На начальном этапе исследований необходима классификация рисков АРТС КН по областям их проявления, классификационным группам и категориям рисков. Кроме того, необходимо учитывать важное обстоятельство – риски иногда закладываются в процессе проектирования, а выявлены могут быть значительно позже, в результате проведения испытаний, на этапе опытной и штатной эксплуатации. Фактор поэтапного проявления рисков может быть первым признаком их классификации. Риски в данном случае будут рассматриваться в основном с позиций эргономики и безопасности полета, что, несомненно, представляет интерес с точки зрения обеспечения деятельности космонавтов.

### **Стратегия управления рисками АРТС КН**

Необходимо отметить, что успешная стратегия управления рисками АРТС КН довольно сложна и предполагает в своей основе следующие действия [11, 15]:

- определение рисков (исходных событий, факторов, причин, которые неблагоприятно влияют на систему), а также выявление связей и зависимости между источниками рисков;
- классификацию рисков на особые группы, категории (при необходимости) – недопустимых, предпочтительных (обслуживаемых) и допустимых (их можно сохранять после обработки);
- составление реестра рисков (с учетом их классификации) и их профиля (набора сведений о рисках);
- определение способа выражения рисков (в отношении функциональных свойств, конструкции, технических, эргономических характеристик и др.) в соответствующих терминах и показателях [1];
- определение последствий возникновения событий, приводящих к появлению рисков;
- оценку рисков по выбранным критериям на основе решений, опирающихся на здравый смысл или вероятность их возникновения;
- оценку различных последствий осуществления рискованных событий;

- определение градации рисков по вероятности их появления и последствиям (в соответствии с выбранной шкалой), выделяя множество наиболее вероятных и наиболее опасных, значимых по наносимому ущербу;
- определение факторов, сокращающих неблагоприятные последствия или уменьшающих вероятность возникновения опасных ситуаций;
- определение реакции на каждый из выявленных рисков: предупреждение способом уклонения, оптимизации путем его уменьшения, передачи риска посредством разделения ответственности, удержания риска в границах приемлемого ущерба;
- определение статуса рисков, выделяя в особую группу риски с тяжелыми последствиями;
- принятие соответствующих мер по недопущению или для уменьшения рисков, если они выходят за допустимые границы.

Необходимо видеть и учитывать три важных аспекта, тесно связанных с любой из выбранной стратегией управления рисками, – определение (идентификацию) рисков, их оценку, принятие мер реагирования или игнорирования допустимых рисков. Наиболее опасным в этом случае является занижение уровня рисков опасных и неожиданных событий при их оценке, принятие неадекватных мер реагирования и появление недопустимых остаточных рисков.

Возможность возникновения рисков ситуации характеризуется таким параметром риска, как степень риска. Степень риска – показатель, характеризующий уровень возможности (вероятность) неблагоприятного изменения обстоятельств, определяющих процесс и результаты деятельности АРТС КН. Степень риска может оцениваться качественно и количественно. Это необходимо для того, чтобы сравнить величину риска различных вариантов использования антропоморфного робота и выбрать из них тот, который больше всего отвечает выбранной стратегии управления риском. Для оценки степени рисков в настоящее время чаще всего используются: статистический метод, анализ целесообразности работ, метод экспертных оценок, аналитические методы, метод аналогий [14].

### Качественная и количественная оценка рисков

Качественная оценка риска проводится преимущественно экспертными методами и используется при сравнении весьма ограниченного числа альтернатив принимаемого решения. Для снижения влияния субъективного фактора на результаты оценки, в ней могут использоваться и некоторые объективные характеристики, поддающиеся измерению и сопоставлению.

Качественная оценка рисков АРТС КН должна включать ряд последовательных этапов, отвечающих выбранной стратегии управления рисками, в том числе [15]:

- идентификацию всех возможных рисков, т.е. определение возможных рисков в результате конкретного действия или же бездействия;
- выявление факторов, увеличивающих и уменьшающих конкретный вид риска при осуществлении определенных полетных операций;
- определение перечня оценочных показателей риска;
- установление потенциальных областей риска, т.е. выявление мероприятий, операций, работ, при выполнении которых может возникнуть неопределенность в получении положительного результата.

Для ответа на вопрос о последствиях рисков ситуации используется показатель *меры риска*, который служит для оценки уровня неблагоприятности риско-

вой ситуации, показывающий ее возможные негативные последствия (возникновение опасностей, прямой или косвенный ущерб).

Для оценки меры риска АРТС КН потребуется: определить последствия возникновения рисков, разработать критерии и способ сопоставимой оценки последствий, непосредственно оценить возможные последствия риска.

Формализованное описание риска АРТС КН можно представить в виде функции:

$$R = F(p, u),$$

где  $F$  – функция описания риска,  $p$  – вероятность неблагоприятного результата,  $u$  – количественная оценка возможных потерь.

Количественная оценка рисков позволяет определять [15]:

- вероятность достижения конечной цели работ;
- степень воздействия риска на выполняемые работы, объемы непредвиденных ресурсов;
- риски, требующие скорейшего реагирования и большего внимания, а также влияние их последствий на применение антропоморфного робота;
- фактические затраты ресурсов, предполагаемые сроки окончания работ.

Количественная оценка рисков часто сопровождается качественной оценкой и также требует идентификации рисков. Для количественной оценки рисков используется математический аппарат теории вероятностей (дисперсия, математическое ожидание, коэффициент вариации и др.). Качественная и количественная оценки рисков могут использоваться по отдельности или вместе. В обозримой перспективе количественная оценка меры рисков АРТС КН вряд ли возможна, поскольку для ее получения необходима определенная статистика.

Для оценки степени приемлемости риска следует, прежде всего, выделить определенные зоны риска в зависимости от ожидаемой величины потерь. Обычно выделяются безрисковая зона, а также зоны допустимого, критического и катастрофического рисков [15]. Уже попадание потерь в зону критического риска делает применение АРТС КН сомнительным.

### **Возможность оценки рисков при создании АРТС КН**

При создании АРТС КН оценка риска может достигаться путем прогнозирования опасных и непредсказуемых событий, анализа последствий их возникновения, посредством оценки выбранных технических решений, учета вероятности отказа отдельных ее элементов и возможных несанкционированных действий оператора при обслуживании АРТС КН или в процессе управления данной системой. Оценка выбранных технических решений на этапе проектирования с точки зрения рисков представляет серьезную проблему. Можно сказать, что наиболее подходящим способом для этого является 3D-моделирование деятельности антропоморфного робота в виртуальной среде, максимально приближенной к реальной. Глубина и масштаб анализа причин отказов технических систем и возможных ошибочных действий операторов будут способствовать повышению безопасности (снижению риска) путем внедрения в АРТС КН адекватных защитных средств и повышения требований к подготовке операторов.

Отсутствие в достаточной степени обоснованных требований безопасности к конструкции АРТС КН, а также эргономических требований затрудняет обеспечение безопасной эксплуатации АРТС КН, представляющей особую опасность при ее применении совместно с космонавтом.

Риски неявно, скрытым образом, связаны с ошибками в выбранной концепции создания и применения АРТС КН, которая активно обсуждается в настоящее время [3, 4, 6, 12, 13, 16]. Однако, несмотря на развернувшуюся дискуссию, проблема с позиции оценки рисков исследуется недостаточно. Концептуальное значение имеет, прежде всего, подход к формированию оптимальной для реализации структуры АРТС КН. В работе [13] было показано, что при формировании структуры роботов необходимо исходить из учета четырех базовых принципов. *Первый* принцип заключается в унификации общих функциональных компонентов. Он реализуется с помощью ориентированных на использование сходной по своей структуре системы модулей (управляющих, информационных, сенсорных, силовых, энергообеспечения, терморегулирования) и обеспечивает создание широкой номенклатуры технических систем. *Второй* принцип подразумевает реконфигурируемость – создание на основе модульного построения АРТС КН переменной структуры (состава). В результате использования АРТС КН в базовой комплектации и дополнительных функциональных модулей появляется возможность изменения состава технической системы и ее функциональных возможностей таким образом, чтобы максимально адаптировать АРТС КН к выполнению работ и, тем самым, снизить риски эксплуатации при выполнении полетных операций. *Третий* принцип касается оптимального сочетания АРТС КН и космонавта при выполнении конкретных полетных операций. Приоритет АРТС КН отдается только при выполнении тех полетных операций, которые она может выполнить качественно и с минимальными рисками при условии контроля функционирования бортовым или наземным оператором. *Четвертый* принцип состоит в гибком использовании комбинированного управления и контроля АРТС КН, что связано, в частности, необходимостью исключения, насколько возможно, риска потери управления АРТС КН, особенно во время внекорабельной деятельности.

### **Некоторые меры, направленные на снижение уровня рисков событий**

Ожидаемое снижение рисков для АРТС КН означает уменьшение вероятности возникновения рисков событий или возможного ущерба, что возможно в результате принятия комплекса важных мер, связанных с безопасностью и эргономикой, в том числе:

- обоснованного формирования концепции создания и применения АРТС КН на борту ПКА (в том числе с учетом определения необходимости новых элементов конструкции, меняющих и дополняющих антропоморфную структуру);
- проектирования на основе системного подхода эргономики системы «космонавт–АРТС КН–рабочая среда» с учетом условий эксплуатации в открытом космосе или же на других планетах;
- разработки плана необходимых организационных мероприятий и способов их реализации, предупреждающих возникновение рисков событий (организационная эргономика);
- применения эффективных способов дистанционного управления и контроля за функционированием АРТС КН, а также действиями оператора, управляющего данной системой с использованием ручного режима управления в нештатных ситуациях;
- использования конструктивных модульных решений, повышающих ремонтпригодность в космосе и доставки вместе с антропоморфным роботом на борт ПКА ремонтного комплекта конструктивных элементов;



– обеспечения достаточной для применения в космосе надежности конструктивных элементов, резервирования жизненно важных средств обеспечения функционирования, составных частей АРТС КН (каналов связи, линий электропитания, телекамер и др.);

– постоянного мониторинга рисков в течение жизненного цикла и использования новых технических, эргономических и других решений, снижающих риски АРТС КН.

Если рисковое событие с АРТС КН произошло, то необходимо предусмотреть выполнение комплекса мероприятий по устранению негативных последствий и компенсации нанесенного ущерба. В результате предпринятых мер принципиально возможны три результата: отрицательный (наличие ущерба), нулевой и положительный (получение преимущества, выгоды).

### **Классификация рисков АРТС КН**

Классификация рисков АРТС КН по выбранным признакам важна не только потому, что эта проблема к настоящему времени изучена мало. Актуальным является определение того, в каких границах риски существуют, проявляются наиболее сильно, установление совокупности причин, приводящих к их возникновению, чтобы предпринять адекватные опережающие меры, нейтрализующие риски, либо приводящие к уменьшению наносимого ими ущерба.

В начале процесса классификации выделим группы рисков, которые относятся к этапам проектирования и эксплуатации АРТС КН. Если предположить, что большинство труднопреодолимых рисков может закладываться уже при проектировании антропоморфных роботов, то необходимо указать на возможные причины этого явления. В числе возможных могут быть указаны те причины, которые относятся непосредственно к АРТС КН: конструктивные решения, которые не были учтены при проектировании, недостаточная надежность и ограниченная функциональность элементов структуры, ошибки проектирования интерфейса, несовершенство «интеллекта» и др. Вместе с тем, существует группа рисков, обусловленных внешними обстоятельствами: рабочей средой и условиями применения. Поэтому в общей классификации рисков целесообразно указать на группу рисков, обусловленных как внутренними причинами, так и внешними обстоятельствами, характерными как для области применения, так и видов проводимых работ.

### **Классификация рисков по категориям**

В соответствии со стратегией управления рисками, в зависимости от отношения к существующим рискам, множество рисков АРТС КН можно разделить, по крайней мере, на следующие категории: недопустимые, допустимые, предпочтительные, остаточные и ситуационные (рис. 1).

Недопустимые риски – это риски, наличие которых недопустимо ни при каких обстоятельствах. К допустимым рискам относят риски, которые в конкретной ситуации считаются приемлемыми до определенного уровня. Допустимые риски можно, в той или иной степени, сохранять после обработки. К предпочтительным рискам относят риски, которые могут обслуживаться. Часть рисков, которые остаются после обработки, относят к категории остаточных. Особое значение для безопасности представляет категория недопустимых рисков, которые должны быть выявлены в первую очередь. Например, недопустимыми рисками можно считать риски столкновений космонавта и антропоморфного робота, которые мо-



Рис. 1. Категории рисков АРТС КН

гут привести к травме космонавта, риски нарушения герметичности оболочки космической станции во время выполнения работ на ее внешней поверхности.

Далее отметим, что существует также категория рисков, которые называют ситуационными. Такие риски возникают в определенной ситуации, чаще всего неожиданно, могут быть кратковременными и редкими по частоте появления. Важно указать, что для возникновения рисков, которые относятся к категории ситуационных, иногда требуется наличие совокупности труднопредсказуемых начальных условий. Поэтому их прогнозирование представляет большую сложность.

### Классификация рисков по этапам подготовки и применения АРТС КН

При условии детализации признаков классификации становится понятно, что риски АРТС КН имеют достаточно сложную, разветвленную структуру. Для того, чтобы не упустить из внимания большинство рисков, будем в начале исследований использовать «сквозную» по этапам подготовки и применения АРТС КН классификацию рисков, которая имеет вид, показанный на рис. 2.



Рис. 2. Классификация рисков по этапам подготовки и применения АРТС КН

Данная классификация позволяет рассматривать риски последовательно и в определенном порядке, присущем этапам и условиям применения АРТС КН. Каждая из указанных выше групп риска может быть исследована более подробно. Например, необходимо учитывать, что риски эксплуатации на борту ПКА в основном обусловлены влиянием группы следующих факторов:

- конструкцией ПКА (внешней поверхности и внутреннего интерьера);
- техническим состоянием, конструктивными решениями и программным обеспечением АРТС КН;
- подготовленностью бортового оператора антропоморфного робота;
- организацией работ и взаимодействием космонавта и АРТС КН;
- деятельностью группы поддержки Центра управления полетами, включая оператора группы наземного управления.

В процессе выполнения регламента подготовки АРТС КН к полету необходимо учитывать обстоятельства подготовки, транспортировки и применения АРТС КН в космосе и подготовку этой системы для выполнения конкретных работ. Образец АРТС КН, доставляемый на орбиту или на базу, расположенную на какой-либо планете, должен, в соответствии с процедурой подготовки к полету, пройти комплекс обязательных предполетных испытаний. Испытания проводятся на предмет определения готовности к работе в открытом космосе, включая использование на поверхности других планет (в составе которых должны быть вибрационные, термовакуумные, ветровые и другие испытания). Важным самостоятельным направлением испытательных работ будет разработка стендов, устройств и программ, предназначенных для проведения испытаний и проверок АРТС КН в земных условиях, на борту ПКА и на напланетных базах.

При выведении АРТС КН на орбиту на него будут воздействовать вибрации и перегрузки. По имеющимся сведениям частота вибраций измеряется единицами герц [9]. Резонансные частоты отдельных элементов конструкции АРТС КН могут совпадать с резонансными частотами ракеты-носителя и космического корабля. Известно, что перегрузки, действующие на этапе выведения по штатной программе, не должны превышать 4,0g [9]. Не исключается, что существующие вибрации и перегрузки могут быть причиной появления отказов некоторых элементов конструкции АРТС КН. Поэтому для снижения возможных рисков транспортировки на этапе выведения опытный образец АРТС КН может быть протестирован и испытан на центрифуге на перегрузки, которые будут на него действовать во время выведения в космос, и затем повторно проверен на предмет отсутствия неисправностей. Возможно также проведение испытаний на вибрационном стенде. При необходимости, при подготовке к полету таким испытаниям может быть подвергнут и летный экземпляр.

На бортовой АРТС КН необходимо будет получить соответствующее свидетельство о его готовности к проведению работ в составе экипажа. Проверка готовности к выполнению конкретных работ может быть обеспечена при участии специалистов по подготовке непосредственно перед проведением соответствующих тренировок.

Известно, что в соответствии с общепринятым регламентом поставки оборудования на борт ПКА (АРТС КН) к полету, непосредственно перед полетом все системы АРТС КН должны быть проверены специалистами предприятия-изготовителя и находиться в исправном состоянии, о чем необходимо будет составить соответствующие протоколы с заключением о готовности к применению АРТС КН в космосе. В конечном счете, каждая АРТС КН должна получить сертификат готовности к применению в космическом полете.

Образец АРТС КН, доставляемый на орбиту или на базу, расположенную на какой-либо планете, должен пройти индивидуальный комплекс обязательных предполетных испытаний, состав которых может изменяться в зависимости от условий эксплуатации и выполняемых в полете работ. В их перечень следует включить испытания на воздействие перегрузок на этапе выведения, вибрационные, термовакуумные, ветровые и другие испытания.

Важным самостоятельным направлением работ будет разработка номенклатуры и определение целевого назначения стендов, устройств и программ, предназначенных для проведения испытаний и проверок АРТС КН в земных условиях, на борту ПКА и на напланетных базах.

Укладка и транспортировка в специальном контейнере должна исключать опасность возникновения повреждений при доставке АРТС КН на борт орбитальной станции или на поверхность другой планеты. Перед высадкой на поверхность другой планеты экипажу ПКА необходимо будет подготовить АРТС КН к напланетной деятельности (проверить на борту ПКА зарядку аккумуляторов, кинематику, средства связи и управления и др.).

Начальный цикл испытаний АРТС КН на борту Международной космической станции (МКС) в целях обеспечения безопасности будет целесообразно проводить с использованием имитационного бортового оборудования или его фрагментов. Набор такого оборудования для проведения бортовых испытаний необходимо выбрать с учетом прогнозируемых направлений и функций АРТС КН на борту МКС. По мере готовности можно будет постепенно переводить АРТС КН из режима бортовых испытаний в режим бортовой эксплуатации.

Следует отметить, что наибольшую опасность будут представлять риски эксплуатации АРТС КН в процессе внекорабельной и напланетной деятельности. Это связано с тем, что ликвидация нарушений в работе и отказов в процессе применения АРТС КН в этом случае представляют большую трудность и создают дополнительную серьезную нагрузку на экипаж и наземную группу управления. Нельзя исключить возможность появления отказов, которые не могут быть устранены экипажем.

Наиболее опасна ситуация, когда по каким-то причинам сделается невозможной доставка неисправной АРТС КН из открытого космоса на борт ПКА (например, когда объект не приводится в нерабочее состояние, пригодное для транспортировки через люки шлюзовой камеры). В этом случае будет неизбежна парковка АРТС КН на внешней поверхности орбитальной станции, где при отключенной системе терморегулирования АРТС КН (если не предусмотрена возможность ее локального питания), она будет во время хранения подвергаться периодическому нагреву и охлаждению и воздействию других неблагоприятных факторов полета. Поэтому для АРТС КН требуется разработать экспериментально подтвержденные требования к условиям и срокам временного пребывания на внешней парковке.

### **Классификация рисков в зависимости от области применения АРТС КН**

В процессе анализа рисков, присущих этапу эксплуатации, следует учитывать, что АРТС КН могут потенциально создаваться для решения трех групп задач, отличающихся по области применения таких систем в космосе, а именно, обеспечения:

- внутрикорабельной деятельности;
- внекорабельной деятельности (на внешней поверхности ПКА, автоматических космических аппаратов, при сборке в космосе больших конструкций);

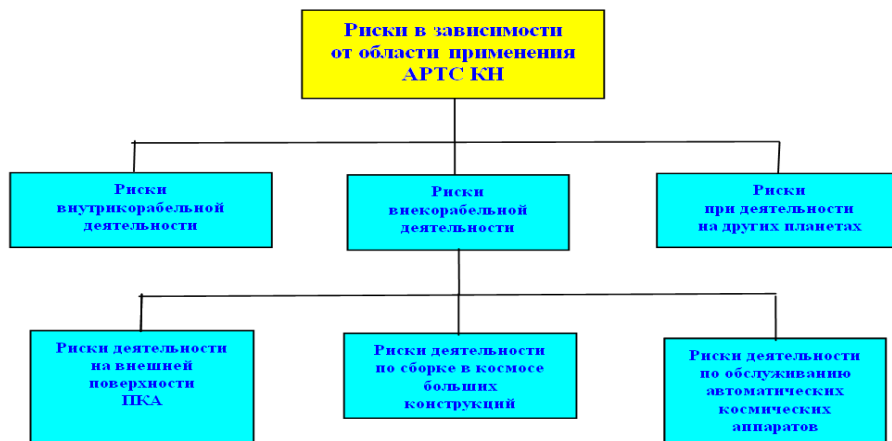


Рис. 3. Классификация рисков АРТС КН в зависимости от области ее применения

– деятельности на других планетах.

В связи с указанным выше обстоятельством риски АРТС КН целесообразно классифицировать в соответствии с рис. 3, по области применения данной системы.

Можно предположить, что риски применения АРТС КН во время внекорабельной деятельности могут быть связаны со следующими событиями:

- перемещением антропоморфного робота и переносом грузов по внешней поверхности на большие расстояния во время проведения операций установки/снятия блочного оборудования, особенно при наличии на маршруте передвижения препятствий, переходов между модулями;
- отсутствием возможности надежной фиксации антропоморфного робота в рабочей зоне в функционально удобном положении;
- возможным неконтролируемым дрейфом незакрепленного монтируемого оборудования, приспособлений и инструмента;
- дефицитом в период выполнения работ на внешней поверхности орбитальной станции, необходимого набора в комплекте сменных инструментов и приспособлений;
- недостаточной освещенностью рабочей зоны, связанной с ориентацией в пространстве и изменением свето-теневой обстановки на орбите во время продолжительных работ в открытом космосе;
- техническими и технологическими проблемами, которые могут неожиданно появляться во время внекорабельной деятельности и требовать для своего решения не только оперативного анализа, но и выбора нестандартного способа решения;
- с перемещением торсового антропоморфного робота в рабочую зону с использованием транспортного манипулятора из-за наличия вблизи рабочей зоны препятствий для передвижения.

### Риски применения АРТС КН на Марсе и Луне

В процессе проектирования АРТС КН для эксплуатации на поверхности других планет должен учитываться весь спектр сложных местных условий, враждебной среды (физических факторов космического пространства), которые могут оказывать серьезное влияние на их функционирование. Например, на Марсе это будут [3, 7, 8]:

- колебания температур, достигающие  $+30^{\circ}\text{C}$  (в полдень, летом, на экваторе) и  $-123^{\circ}\text{C}$  (зимой, на полюсах);
- марсианский вес, который в 2,63 раза меньше земного;
- постоянно дующие со скоростью 10–30 м/с ветра, гигантские пыльные бури глобального масштаба, не имеющие аналогов на Земле;
- рельеф поверхности, который в некоторых районах может затруднять передвижение по планете из-за наличия холмов, каньонов, гор, кратеров, вулканов;
- наличие очень мелкой пыли, которая покрывает экраны видеокамер, забивается всюду;
- давление у поверхности планеты в 160 раз меньше, чем на Земле;
- воздействие солнечного ветра, радиации (радиационный фон на орбите Марса в 2,2 раза превышает радиационный фон на орбите МКС, на поверхности Марса он будет несколько ниже и может значительно изменяться в зависимости от местности, высоты и локальных магнитных полей).

Известно, что у Марса довольно слабое магнитное поле и очень сильная эрозия атмосферы. Поэтому солнечные и галактические космические лучи практически беспрепятственно достигают поверхности планеты и выбивают из нее так называемые вторичные нейтроны. После солнечных вспышек поток нейтронов возрастает в несколько раз. Неизвестно, какие средства защиты от них необходимы в этих условиях для электроники АРТС КН [9].

В декабре 2013 года НАСА был представлен новый гуманоидный робот Valkyrie (рис. 4), одним из назначений которого является использование на Марсе [10]. Визуально заметно, что при его проектировании не были учтены риски эксплуатации, существующие в марсианских условиях: на рис. 4 видны открытые узлы конструкции робота, в которые неизбежно забьется мелкая пыль, и они могут выйти из строя или затруднить передвижение. Видеокамеры не снабжены защитными экранами от пыли. Рост данного робота большой – 190 см, а площадь стопы маленькая, что нежелательно в условиях сильных ветров, дующих на Марсе. Вес робота на Земле – 125 кг. На Марсе он будет весить в 2,63 раза меньше земного, то есть 47,5 кг. Высокий рост, небольшая площадь стопы и уменьшение веса приведут к уменьшению устойчивости такого робота.



Рис. 4. Американский гуманоидный робот Valkyrie

Физические характеристики пространства, существующие на Луне [8]:

– температура изменяется в пределах от  $-170^{\circ}\text{C}$  (ночью) до  $+130^{\circ}\text{C}$  (когда Солнце в лунном зените), есть данные НАСА о том, что на поверхности самых холодных кратеров Луны в зимний период (ночью) на северном полюсе зафиксирована температура  $-249^{\circ}\text{C}$ , а на южном  $-238^{\circ}\text{C}$  (это температурный рекорд, зафиксированный в Солнечной системе);

– лунный вес в 6 раз меньше земного;

– отсутствует магнитное поле;

– не имеющая магнитного поля и атмосферы, Луна подвержена воздействию солнечного ветра, хотя некоторые из горных пород сохраняют остаточный магнетизм, имеются также участки поверхности, где гравитация увеличивается (масконы);

– поверхность: старая гористая местность (лунный материк), лунные моря (16 % всей поверхности Луны) – огромные кратеры, возникшие от столкновения с небесными телами;

– в некоторых районах много камней, имеются спуски и подъемы, по которым трудно передвигаться;

– местами поверхность покрыта толстым слоем пыли, в котором ноги вязнут на 20–25 см.

Таким образом, на Луне и Марсе отмечается наличие большой группы факторов, с которыми антропоморфные роботы вообще не будут сталкиваться на Земле. Более того, экспериментально воспроизвести на Земле такие условия, какие существуют на других планетах (низкие температуры, сильные ветры и др.), особенно в комплексе, вероятно, не представляется возможным. Среди условий, существующих на других планетах, следует выделить, прежде всего, те условия, которые являются причиной для возникновения критических и катастрофических рисков для конструкции АРТС КН.

Так, значительные колебания температуры, солнечный ветер (особенно во время солнечных возмущений) и радиация будут негативно влиять на работу электроники, системы электропитания. Видимо потребуется использование системы терморегулирования, возможно, защиты от радиации и солнечного ветра. Низкое давление будет затруднять передвижение робота по поверхностям Луны и Марса, скорость его перемещения будет значительно меньше, чем на Земле. Так, например, на Луне, покрытой в некоторых местах толстой пылью, передвижение очень затруднено. Американским астронавтам для преодоления расстояния в 180 метров понадобилось более часа [4]. Необходимо будет по нескольким показателям определить на Марсе наиболее благоприятные районы для использования антропоморфного робота. Пыльные бури будут мешать работе телекамер робота. Из-за высокой скорости ветра, достигающей на Марсе  $140\text{ м/с}$  [7, 8], особенно при резких его порывах, а также по причине уменьшения марсианского веса антропоморфного робота, при сильном ветре возможна быстрая потеря устойчивости и падение антропоморфного робота. Вероятно, потребуется проведение испытаний АРТС КН на устойчивость при воздействии ветров, дующих с различными скоростями и с различных направлений. При падении антропоморфного робота космонавты должны быть готовы оказать ему соответствующую помощь. В результате возможного падения на режущие изломы и игольчатые образования марсианской поверхности не исключается повреждение его защитной оболочки и элементов конструкции. Поэтому для марсианских условий его защитная оболочка должна получить дополнительное усиление. Кроме того, антропоморфный робот с помощью датчиков должен самостоятельно контролировать силу и направление ветра

и в зависимости от значений этих параметров менять свое положение в пространстве и поведение. Вероятно, потребуется последовательно решить задачу самостоятельного возвращения антропоморфного робота после возможного падения в исходное или другое подходящее положение.

При проектировании АРТС КН нужно учитывать опыт работы на поверхности Марса автоматических космических аппаратов и марсоходов. Вероятно, в некоторых случаях потребуется разработка оригинальных проектов АРТС КН, предназначенных для конкретных жестких условий эксплуатации на других планетах.

На некоторых планетах, например, на Венере, где давление на поверхности превышает 90 атмосфер, а температура не опускается ниже  $475^{\circ}$ , вне зависимости от смены дня и ночи [3], использование АРТС КН будет, скорее всего, невозможно.

Не исключается использование в комплекте напланетных баз роботов-двойников, которые могли бы заменить, вышедшего из строя робота, и роботов-доноров – источников восполнения отказавших узлов. Для повышения ремонтно-пригодности конструкции необходимо «руки» и «ноги» АРТС КН сделать идентичными, съемными и взаимозаменяемыми. Антропоморфный робот должен функционировать как с присоединенными ногами, так и без них.

В случае отказа АРТС КН при передвижении и выполнении работ на поверхности планет, с места расположения АРТС КН может доставляться на базу, используя для этого собственные колесные как штатные, так и аварийные средства передвижения или специальные транспортные роверы. Все исправные конструктивные компоненты, отказавшей АРТС КН, могут при необходимости использоваться в качестве напланетного модульного ремонтного комплекта для других однотипных АРТС КН. Это особенно важно при использовании на других планетах организованной группы АРТС КН. В этом случае потребуется решить задачу организационной эргономики – согласованных действий группы из нескольких АРТС КН.

### **Риски применения АРТС КН на борту орбитальной станции**

В случае отказа АРТС КН во время выхода в открытый космос потребуется проведение ряда необходимых мероприятий, в том числе: приведение АРТС КН в исходное состояние, отключение питания, транспортировка, парковка и закрепление робота в рабочей зоне или специальном месте для временного хранения. Поэтому для АРТС КН должны быть оборудованы на поверхности орбитальной станции (ОС) несколько удобных мест для парковки.

При выполнении работ АРТС КН внутри орбитальной станции космонавтами необходимо соблюдать комплекс мер по обеспечению собственной безопасности и безопасности ПКА и используемого оборудования, которые должны быть прописаны в бортовой документации.

В соответствии с принципом гибкого использования комбинированного управления и контроля АРТС КН для снижения рисков ее система управления должна работать в ручном, копирующем и супервизорном режиме, а также обеспечивать гибкую смену режимов управления. Тот или иной режим должен выбираться в зависимости от условий работы, возможностей антропоморфного робота и оператора поста управления. Для успешной работы в режиме гибкого комбинированного управления требуется высокий уровень подготовленности оператора. Для его приобретения, вероятно, потребуется пошаговая отработка оператором действий, которые антропоморфный робот будет выполнять в автоматическом режиме.



Для обеспечения необходимой безопасности в ближайшей перспективе потребуется постоянный контроль оператора за работой антропоморфного робота в космосе. Копирующий режим будет целесообразно использовать при выполнении операций в недетерминированной среде. В этом случае возможны два варианта управления роботом: в копирующем режиме роботом управляет оператор поста управления орбитальной станции или оператор Центра управления полетами. Свободный оператор поста управления при этом выполняет функции контролера условий безопасности выполняемых работ. Поэтому потребуется, по крайней мере, создание двух постов управления АРТС КН орбитального (станционного) и наземного, размещенного в Центре управления полетами. В этом случае происходит разделение ответственности за риски. Возможно использование оригинального поста управления и дистанционного контроля антропоморфного робота, размещенного непосредственно на внешней поверхности станции. Однако использование супервизорного и копирующего управления в условиях быстро меняющейся обстановки, которая контролируется оператором лишь частично, достаточно сложно и опасно. Кроме того, существуют риски неадекватной оценки оператором обстановки в рабочей зоне.

Антропоморфность робота является одним из требований для реализации управления прямым копированием движений оператора, использующего экзоскелет. Однако проблемы управления АРТС КН в копирующем режиме с использованием экзоскелета могут появиться в тех случаях, когда используется АРТС КН с измененной антропоморфностью, (например, конструкция робота имеет дополнительную третью руку, кинематические звенья рук и захваты не являются человекоподобными и др.).

Только в полностью детерминированной среде, для заранее запланированных полетных операций, при наличии условий для надлежащего контроля станционным или наземным оператором целесообразно применять супервизорный режим управления. Нельзя при этом не учитывать наличие рисков описания и формализации детерминированных событий. Наземный оператор будет выполнять функции контролера периодически, в сеансах связи, а бортовой – постоянно. Для случая возникновения непредвиденных обстоятельств в ситуациях, которые считались детерминированными, следует использовать возможность оперативного перехода от супервизорного к копирующему или ручному режиму управления. В этом случае робот может обращаться к оператору за помощью или инициатором перехода в копирующий или ручной режим должен быть оператор-контролер. Кроме того, в супервизорном режиме антропоморфный робот желательно наделить функцией подачи космонавтам, совместно с которыми он работает, или оператору, наблюдающему за его работой, управляющих или предупреждающих сигналов (звуком, голосом или жестами), голосом комментировать свои действия. Заметим, что применение на ПКА полностью автоматических АРТС КН без надлежащего контроля является неприемлемым из-за того, что риски в виде последствий неправильной работы таких систем могут оказаться недопустимыми.

За границей жестко детерминированных событий находится зона деятельности оператора АРТС КН. Именно здесь приобретает значение уровень его подготовленности и находится зона рисков, вызванных неадекватными действиями слабо подготовленного оператора.

Ручной режим управления от трехступенных ручек следует применять для управления АРТС КН в штатных ситуациях. Для реализации процесса управления каждый пост управления необходимо укомплектовать средствами визуализации

ции антропоморфного робота и поверхности станции в рабочей зоне и ее окрестностях в реальном масштабе времени.

Риски эксплуатации при дистанционном управлении будут зависеть не только от конструкции АРТС КН и условий ее применения, но и от подготовленности и деятельности оператора поста дистанционного управления. При подборе и подготовке таких операторов будет целесообразно использовать опыт подготовки операторов дистанционного управления луноходами.

Известно, что в этом случае непрерывно участвующий в процессе управления в копирующем режиме оператор АРТС КН испытывает большие физические, интеллектуальные и эмоциональные нагрузки. Есть данные о том, что только 2 часа такой работы в день являются допустимым пределом использования человека-оператора в таком виде деятельности [5]. Превышение этого времени может привести к ошибкам, неточным действиям оператора и даже более серьезным последствиям (поломкам оборудования, травмам космонавтов и др.). Поэтому дальнейшее совершенствование методов дистанционного управления и контроля, использование их комбинации для снижения рисков появления неблагоприятных событий является весьма актуальным. При выполнении сложных полетных операций для дистанционного управления АРТС КН при необходимости может использоваться группа подготовленных бортовых и наземных операторов, которые будут работать посменно. Следует заметить, что применение АРТС КН в режиме дистанционного управления влечет за собой возникновение новых, недостаточно изученных опасностей.

Известно, что сигналу для преодоления расстояния от Земли до Марса требуется от 3 до 22 минут в зависимости от взаимного расположения планет в текущий момент времени [3]. Поэтому из-за задержки на время прохождения сигнала технология дистанционного управления антропоморфным роботом наземным оператором, вероятно, не всегда может быть использована при выполнении исследований Марса с применением АРТС КН.

### **Факторы опасности применения АРТС КН внутри ПКА**

Факторы опасности могут приводить к возникновению рисков. К факторам опасности применения АРТС КН внутри космического аппарата следует отнести:

- стесненность рабочих зон;
- их сложную конфигурацию;
- выступающее оборудование внутри рабочих зон, находящееся в интерьере;
- космонавта, который может находиться или передвигаться в рабочей зоне АРТС КН;

– ошибки в системе позиционирования антропоморфного робота, находящегося в интерьере ПКА.

При анализе вероятных условий для опасного поведения антропоморфного робота по отношению к себе, состоянию экипажа, оборудования и конструкции ПКА в процессе проведения внутрикорабельной деятельности необходимо также учитывать возможные варианты его позиционирования в отсеках и модулях ПКА. Таких вариантов может быть не менее трех, в том числе:

1. Антропоморфный робот неподвижно закрепляется на рабочем месте, (это может быть штатное или специально оборудованное рабочее место, например, для выполнения эксперимента) обладает возможностью, будучи в таком положении, наклоняться, поворачивать корпус.

2. Антропоморфный робот самостоятельно или в полуавтоматическом режиме передвигается по направляющим фермам в специальном кресле, по «шаговой дорожке» или иным образом, оставаясь при этом в пределах рабочей зоны, ограниченной условиями выполнения исполнительных функций.

3. Антропоморфный робот автономно перемещается в пределах модулей и отсеков ПКА.

Последний случай является наиболее потенциально опасным. Не исключается возможность соударения антропоморфного робота, имеющего массу более 140 кг (SAR 400), с элементами конструкции, оборудованием и экипажем. Поэтому роботы должны быть одеты в костюм с мягкой прокладкой. Это должно быть сделано не только для дополнительной защиты самого антропоморфного робота, но и для удобства и безопасности людей, с которыми роботу придется работать.

К тому же требует решения сама проблема реализации способа передвижения робота в невесомости внутри герметичных объемов ПКА. В целях обеспечения безопасности перемещение робота может быть ограничено наличием промаркированных запретных зон, введены ограничения на скорость передвижения, корпус робота в опасных для соударения местах должен иметь демпфирующие покрытия, накладки.

В данном случае видно, что существует большое количество технологически сложных мер, которые нужно предпринять для снижения рисков, возникающих при самостоятельном передвижении и навигации антропоморфного робота внутри ПКА. Поэтому использование способа самостоятельного позиционирования антропоморфного робота внутри ПКА в ближайшей перспективе маловероятно. Если это возможно, то только в ограниченном для передвижения пространстве.

### **Факторы опасности применения АРТС КН на поверхности орбитальной станции**

На внешней поверхности орбитальной станции факторами опасности могут быть:

- острые кромки выступающих элементов конструкции;
- произвольное зацепление страховочного фала робота за выступающие элементы конструкции;
- слабое освещение рабочих зон;
- сложность или невозможность самостоятельной навигации по поверхности станции;
- неправильное позиционирование телевизионных камер в зоне выполнения работ;
- проблемы с перемещением (нет возможности переместить АРТС КН в рабочую зону манипулятором, отсутствуют поручни и др.) и фиксации робота;
- температурный режим:  $-150^{\circ}\text{C}$  (в тени) и  $+150^{\circ}\text{C}$  (на солнце);
- ошибки взаимодействия с космонавтами во время совместного выполнения работ.

Риски выполнения АРТС операций по ремонту, сборке и обслуживанию космических объектов в открытом космосе будут меньше в том случае, если конструкция таких объектов будет формироваться по модульному принципу в соответствии с простыми операциями: «подлетел, вынул, поменял»; «подлетел, вставил, закрепил»; «вынул, перенес к месту хранения».

### **Некоторые риски совместной деятельности космонавтов и АРТС КН**

Предметом пристального внимания в процессе исследования возможных рисков должны стать риски совместной деятельности космонавтов и АРТС КН в качестве помощника. Веских причин для этого существует несколько. Во-первых, нельзя не заметить, что такие риски, в отличие от других, возникают в относительно широкой сфере, которая охватывает области как внутрикорабельной, так и внекорабельной деятельности. Во-вторых, они, все же, являются источником реальной опасности одновременно для космонавта и антропоморфного робота. В-третьих, чем теснее и активнее их взаимодействие в период совместных работ, тем более возрастает степень (вероятность) рисков. Особенно важно в этом случае выделить риски, которые следует отнести к категории недопустимых. В частности, недопустимыми являются риски столкновений антропоморфного робота и космонавта во время совместной деятельности. Действительно, это может привести к травме космонавта (при внутрикорабельной деятельности) или повреждению скафандра (в случае выполнения работ в открытом космосе). Поэтому АРТС КН должна со своей стороны гарантировать безопасность совместной работы. С этой целью настоятельно рекомендуется оборудовать антропоморфный робот системой предупреждения столкновений. Данная система должна зафиксировать приближение космонавта, автоматически замедлять и, при необходимости, останавливать свое движение. Однако ее использование не должно при этом мешать совместной деятельности АРТС КН и космонавта.

Наряду с чисто техническими аспектами космическая роботизация деятельности в космосе затрагивает важные вопросы, связанные с взаимной адаптацией космонавта и антропоморфного робота. Как можно предположить, работа космонавта совместно с таким роботом будет характеризоваться дополнительными отрицательными нервно-психическими нагрузками на космонавта. Они могут возникать из-за наличия недоверия, которое может возникнуть во время совместной работы. Особенно это может проявляться на фоне неадекватных действий, выполняемых антропоморфным роботом. Не исключается возникновение раздражающего воздействия на экипаж, вызванного непредсказуемой активностью или пассивностью робота. Поэтому оператор-контролер должен уметь предупреждать, блокировать и корректировать действия антропоморфного робота.

Включение АРТС КН в систему «экипаж (ЦУП)–ПКА–рабочая среда» может частично нарушить сложившуюся атмосферу отношений в экипаже. В этом случае появляются риски, которые можно назвать рисками новой коммуникативности. Предполагаемое нарушение коммуникативности может быть вызвано различным пониманием и уровнем подготовленности членов экипажа. Поэтому требуется выявить новые элементы в психологической структуре поведения космонавтов, вызванные появлением антропоморфного робота в составе экипажа [4]. Кроме того, экипажу необходимо учитывать то обстоятельство, что антропоморфный робот может обеспечивать как возможности, превосходящие человеческие (по времени нахождения в открытом космосе, скорости передвижения, физическим усилиям), так и нетождественные им в смысле меньших значений.

Кроме того, действия АРТС КН являются потенциальным травмирующим фактором. Его проявление наиболее вероятно при работе робота в автоматическом режиме совместно с космонавтом. Действительно, рабочий орган антропоморфного робота обладает значительной кинетической энергией и не всегда предсказуемым для космонавта своим поведением.

Основными причинами опасных для космонавта ситуаций при работе АРТС КН могут быть:

- неправильное движение робота;
- непредусмотренный доступ космонавта в зону действия робота;
- нарушение правил безопасности поведения космонавта при выполнении полетных операций совместно с АРТС КН;
- нарушение в системе связи во время дистанционного управления;
- нарушения в системе электропитания.

Перечисленные выше нарушения при выполнении полетных операций совместно с АРТС КН должны оперативно предупреждаться как роботом, так и оператором-контролером с использованием сигналов о наличии опасности и речевых сообщений. При необходимости должен включаться ручной режим управления, который, как правило, будет применяться в нештатных ситуациях.

Нарушения в системе связи могут преодолеваться за счет использования резервного канала. Для безопасности системы электропитания предлагается использовать основной и резервный фидеры бортового питания служебных систем робота, полезной нагрузки и подзарядки аккумуляторов. Для дистанционного управления и контроля АРТС КН необходимо предусмотреть беспроводную связь. Она должна использоваться с целью передачи сигналов управления АРТС КН и полезным грузом, телеметрической и телевизионной информации.

Конструктивные особенности АРТС КН обуславливают возможности воздействия на работающего космонавта опасных факторов.

Основными причинами такого воздействия при эксплуатации АРТС КН могут явиться:

- внезапный отказ в работе АРТС КН, оборудования, обслуживаемого роботом, поломка инструмента;
- непредусмотренные движения исполнительных устройств АРТС КН при наладке, ремонте, во время обучения и исполнения управляющей программы;
- ошибочные (непреднамеренные) действия оператора во время наладки, ремонта и работы робота;
- нарушения условий эксплуатации АРТС КН;
- нарушения требований эргономики и безопасности труда космонавта.

Сопутствующие этим причинам основные факторы опасности проявляются в следующем. Потенциально космонавт может получить удар движущимися частями робота, деталями или инструментом, которыми манипулирует антропоморфный робот.

Основными источниками возникновения опасных факторов являются следующие причины: нарушения в работе системы управления, которые возникают в результате неисправностей в системе управляющих команд, ошибок в логике программного обеспечения, нарушений в системе электроснабжения. Эти нарушения обычно приводят к непредвиденным движениям или непредвиденной остановке робота.

Механические повреждения скафандра космонавта могут быть вызваны одним из манипуляторов АРТС КН в случае попадания космонавта в рабочую зону робота, при перегрузке робота, когда его захватывающий элемент не может удерживать чрезмерный груз. В то же время окружающая среда – наличие неблагоприятных ее факторов (нагрев, воздействие излучений и др.) – может вызвать отказы различных элементов конструкции робота.

Безопасность труда космонавта при совместной работе с АРТС КН может быть обеспечена, если в конструкции робота предусмотрены устройства, обеспе-

чивающие получение и передачу на пульт управления оператора информации о режиме работы робота, о срабатывании блокировок, о наличии сбоя в работе робота, о начале и завершении движения исполнительных устройств.

### **Эргономические требования к органам управления АРТС КН для снижения рисков эксплуатации**

Для обеспечения снижения рисков эксплуатации требуется обозначить некоторые эргономические требования к органам управления АРТС КН, которые следуют из опыта эксплуатации промышленных роботов. В данном случае речь идет о пультах управления как основном средстве интерфейса.

1. Расположение органов управления должно обеспечивать максимальное удобство работы с ними.
2. Их нужно располагать так, чтобы оператор при манипулировании с органами управления не мог случайно подать другую команду.
3. Для обеспечения безопасности действий оператора переключатели режимов работы и регулятор скорости движения должны быть снабжены блокировками.
4. Кнопка команды «Стоп» должна находиться рядом с кнопкой «Пуск».
5. Органы аварийного останова следует располагать в удобном для доступа оператора месте.
6. Кнопка аварийного останова должна быть красного цвета на желтом фоне.
7. Режим аварийного останова не должен при включении влиять на работу устройств и механизмов робота, потенциально опасных для человека.
8. В ряде случаев аварийный останов не должен препятствовать перемещению элементов робота в безопасное положение.
9. Для событий, требующих немедленного реагирования, кроме средств отображения информации требуется использовать предупреждающие звуковые сигналы и речевые сообщения.

### **Выводы**

Одной из актуальных проблем проектирования и эффективного использования АРТС КН является исследование рисков на всех этапах жизненного цикла данных систем. Для эффективного управления рисками АРТС КН требуется реализовать успешную стратегию.

Предложенная в работе классификация рисков по своей структуре и содержанию в настоящее время не является исчерпывающей. Однако она создает основу для проведения дальнейших исследований по определению структуры, реестра, профиля рисков, способа выражения, оценки рисков и реакции на возможность их появления.

Важным звеном исследований является качественная и количественная оценки степени рисков. Они необходимы для того, чтобы сравнить величину риска различных вариантов использования антропоморфного робота и выбрать из них тот, который больше всего отвечает выбранной стратегии управления риском.

Можно предположить, что определение и реализация совокупности разнообразных мер, направленных на преодоление рисков, дадут, в целом, мощный импульс, направленный на масштабные изменения АРТС КН, дальнейшее совершенствование ее эффективности.

В результате реализации всей совокупности мер по управлению рисками трансформации могут подвергнуться направления, области применения, а также

функциональность антропоморфного робота. Не исключается, что для каждого класса целевых задач данному роботу потребуется, отчасти, менять не только свою структуру (роботы с изменяемой структурой), но и другие параметры: геометрическое, кинематическое подобие, сходство с человеком, развиваемые силы и моменты.

В качестве основной цели мероприятий по управлению рисками необходимо признать существенное уменьшения критических и недопустимых рисков. В этом случае полученный результат можно будет рассматривать как позитивный независимо от изменения важных характеристик (направлений, области применения, функциональности и др.) в сторону их расширения или, наоборот, ограничения (в допустимых пределах) или даже исключения.

С учетом перспективы дальнейших исследований рисков, для согласованного управления рисками в течение жизненного цикла АРТС КН целесообразно создание интегрированной информационной среды для информационной поддержки формирования единых требований по управлению рисками данной системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ Р 51897-2011. Менеджмент риска. Термины и определения.
- [2] ГОСТ ИСО/МЭК 15288-2005 Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем.
- [3] Гордиенко Н.И. Космонавтика: Иллюстрированная энциклопедия. – М.: Изд-во «Наше слово», 2010.
- [4] Крючков Б.И. Перспектива совершенствования диалогового взаимодействия космонавтов с роботом-помощником экипажа при выполнении полетных операций / Усов В.М., Крючков Б.И. [Текст] // Седьмой Международный аэрокосмический конгресс, 2012. Тезисы докладов. – М.: Изд. Хоружевский А.И, 2012. – С. 383–390.
- [5] Алферов Г.В., Кулаков Ф.М., Нечая А.И., Чернакова С.Э. Информационные системы виртуальной реальности в мехатронике и робототехнике: Учебное пособие. – СПб: СО-ЛЮ, 2006. – С. 146.
- [6] Мордовченко Д.Д., Сорокин В.В., Тихомиров В.В., Яковлев А.В. Опыт создания антропоморфных роботов // Теория механизмов и машин. – № 2. – 2004. – Том 2.
- [7] Цыганков О.С., Морозов С.А. Ветровые нагрузки на Марсе // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(3). – 2012. – С. 141–173.
- [8] [Http://wikipedia.ru](http://wikipedia.ru).
- [9] [Http://www.gctc.ru/main.php?id=940](http://www.gctc.ru/main.php?id=940).
- [10] [Http://ict.ua/news/spetsialisty-nasa-sosdali-chelovecopodobnogo-robota-valkyrie](http://ict.ua/news/spetsialisty-nasa-sosdali-chelovecopodobnogo-robota-valkyrie).
- [11] Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска. – М.: Стандартинформ, 2012.
- [12] Тимофеев А.Н., Шардыко И.В. Проблемы применения в космосе антропоморфных роботов // Космическая робототехника. – № 1. – 2013. – С. 37–41.
- [13] Юревич Е.И. Космическая робототехника: состояние и перспективы развития // Информационные системы. – № 4. – 2011. – С. 24–26.
- [14] [Http:// studlib.com/cjntent/view/2686/38](http://studlib.com/cjntent/view/2686/38).
- [15] [Http://cfthack.ru/articles/theory/risk/ocenka](http://cfthack.ru/articles/theory/risk/ocenka).
- [16] Падалка Г.И., Долгов П.П., Алтунин А.А. Подход к построению робототехнических систем для работы в космосе // Пилотируемые полеты в космос. – № 4(9). – 2013. – С. 92–94.
- [17] Супотницкий А.Н. Обоснование понятийного аппарата и состава эмпирических данных для определения области применения антропоморфных роботов в пилотируемой космонавтике // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(10). – 2014. – С. 72–86.

УДК 629.78.007

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИКЛА ПОДГОТОВКИ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ЭКОНОМИКО-ВРЕМЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

А.В. Марков, С.Б. Пичугин

А.В. Марков; канд. техн. наук С.Б. Пичугин (ОАО РКК «Энергия»)

Предлагается методика, предназначенная для оптимизации времени подготовки космических экспериментов на Земле для российского сегмента Международной космической станции по экономическим показателям срывов сроков. В соответствии с предлагаемой методикой по выборке космических экспериментов, исполняемых с запаздыванием, вычисляются перцентильные значения срока запаздывания и соответствующих финансовых потерь. При планировании эксперимента, цикл его исполнения корректируется с учетом финансовых потерь от запаздывания и планируемой вероятности исполнения проекта в срок.

**Ключевые слова:** космический эксперимент, финансовые потери, срыв сроков, исполнение с запаздыванием.

### **Optimization of the Space Experiment Preparation Cycle By its Economic-Timing Indicators. A.V. Markov, S.B. Pichugin**

The technique is offered optimizing preparation time of space experiments for Russian Segment of the International Space Station by economic indicators of the execution deadline disruption. In accordance with the suggested procedure for sampling the delayed space experiments, the percentile values for prep deadline delay and for respective financial losses are calculated. When planning an experiment the cycle of its execution is updated taking into account financial losses due to delay and the planned probability to implement a project in time.

**Keywords:** space experiment, financial losses, deadline disruption, execution with delay.

### **Введение**

В настоящее время планируемые космические эксперименты характеризуются многостадийностью и широким кругом кооперации. В подготовке эксперимента участвуют постановщик эксперимента, его планировщики, потребители результатов, аналитики, рядовые исполнители и многие другие участники. Стадии подготовки эксперимента включают подготовку технического задания на космический эксперимент, выработку заключения о его реализуемости, разработку технического задания на разработку научной аппаратуры для космического эксперимента, изготовление аппаратуры и так далее. Соответственно, с увеличением числа заинтересованных сторон, а также числа стадий исполнения космического эксперимента, возрастает вероятность срыва сроков его подготовки [2].

Чтобы эксперимент был выполнен в срок, длительность его подготовки корректируют (увеличивают) на некоторый интервал, называемый интервалом коррекции. Это позволяет сократить на некоторую часть (или долю) число космических экспериментов, исполненных с опозданием. Однако увеличение длительности работ, в свою очередь, влечет за собой увеличение финансовых издержек, которые растут пропорционально запаздыванию исполнения космического эксперимента. Требуется, с одной стороны, сократить долю космических экспериментов, выполняемых с запаздыванием, корректируя срок на их подготовку, с другой – ограничить финансовые издержки, возникающие при коррекции срока исполнения проек-



та. Предлагается методика, основанная на статистической оценке необходимого срока коррекции и оптимизации его по показателю финансовых издержек. Предполагается, что данная методика, применение которой предполагается на этапе планирования космических экспериментов, представит интерес для постановщиков космических экспериментов, лиц, участвующих в его подготовке, аналитиков и т.д.

### Теоретические основы и описание методики

Идея методики заключается в том, что по выборке данных вычисляют индекс коррекции срока и индекс издержек и их зависимости от доли проектов, выполняемых с запаздыванием, а затем определяют оптимум издержек в точке пересечения двух графиков.

Оптимизационная задача, соответственно, формулируется следующим образом: минимизировать долю проектов, выполняемых со срывом сроков при заданном равенстве индекса задержек и индекса издержек с учетом ограничений, определяемых для указанных индексов.

В общем виде математическую задачу оптимизации можно сформулировать следующим образом:

$$f(x) = \min;$$

при ограничениях  $x \in U$ , где

$f(x)$  – целевая функция,  $f(x) = f(x_1, x_2)$ ;

$x_1, x_2$  – управляемые переменные (индекс задержек и индекс издержек соответственно);

$U$  – допустимое множество, заданное ограничениями на управляемые переменные.

Ограничением для обоих индексов является, в частности, то, что они могут изменяться в пределах от 0 до 1.

В основу методики положен физический смысл статистического показателя – процентиля, который связывает долю проектов, которые исполняются без срыва срока, с величиной коррекции срока исполнения космического эксперимента и с величиной издержек, возникающих при такой коррекции.

Для вычисления процентиля применяют такое широко распространенное программное средство, как MS Excel, которое включает следующую функцию [9]:

ПЕРСЕНТИЛЬ (массив; К),

где массив – диапазон до 8191 ячеек с числовыми значениями, для которых определяется значение процентиля;

К – соответствует индексу процентиля в интервале от 0 до 1 включительно.

В соответствии с предлагаемой методикой задают выборку космических проектов, исполненных с запаздыванием. Параметрами выборки являются наименование проекта, величина запаздывания исполнения проекта (перенос сроков исполнения) и цена потерь от переноса проекта. Выборку обрабатывают по алгоритму, состоящему из следующих четырех шагов.

Шаг 1. Вычисляют размах переноса сроков исполнения проекта и размах финансовых потерь от таких переносов.

Шаг 2. Вычисляются индекс задержки (исполнения проекта) и индекс издержек – как отношение процентильных значений издержек к их размаху.

Шаг 3. Выстраиваются две функции: первая показывает зависимость индекса коррекции срока от доли космических экспериментов, выполняемых без срыва

сроков исполнения. Вторая показывает зависимость издержек от той же доли проектов, исполняемых без срывов сроков.

Шаг 4. Определяется точка пересечения двух функций, соответствующая оптимальности издержек и срока исполнения проекта.

### Получение и интерпретация результатов

Для примера применения предлагаемой методики приводится выборка космических экспериментов с указанием срока задержки исполнения для каждого и соответствующих финансовых потерь. Основным критерием формирования выборки является достоверность включаемых в нее данных (табл. 1).

Таблица 1

Космический эксперимент	Тематика	Переносы, дни	Цена переноса, руб.
КЭ «Химия–Образование»	Химия	120	2 799 000
КЭ «Радиоскаф»	Связь	120	3 478 990
КЭ «Сейсмопрогноз-СМ»	Геофизика	180	1 680 000
КЭ «МВН»	Астрономия	330	10 030 000
КЭ «Обстановка»	Аэродинамика	0	0
КЭ «Экран-М»	Материаловедение	150	2 577 030
КЭ «Импульс»	Геофизика	180	21 850 000
КЭ «Трос-МГТУ»	Механика	270	3 761 280
КЭ «Плазменный кристалл»	Гидродинамика	0	0
КЭ «Мираж»	Материаловедение	0	0
КЭ «Кварц-М»	Материаловедение	180	9 800 000
КЭ «Отклик»	Материаловедение	180	1 090 000
КЭ «Перспектива-КМ»	Строительство	150	5 700 000
КЭ «Контур-2»	Телеуправление	240	18 737 350
ВЗП-У	Материаловедение	420	8 050 000
Модель-К	Гидродинамика	360	11 450 000
КЭ «Релаксация»	Аэродинамика	390	500 000
КЭ «Криокомплекс–Кипение»	Тепломассоперенос	270	1 500 000
КЭ «Фуллерен»	Материаловедение	360	21 357 000
	<b>Вероятность задержки</b>	<b>84 %</b>	
	<b>Цена дня задержки</b>	<b>19 328 руб.</b>	

Как указывалось выше, на первом шаге алгоритма предлагаемой методики по имеющейся выборке вычисляют размах переноса сроков исполнения проекта и размах финансовых потерь от таких переносов. Размах вычисляется как разница между процентилем 1 и процентилем 0 каждого показателя (коррекция срока или издержки). Помимо этого, вычисляются вероятность задержки выполнения проекта и средняя цена одного дня задержки. В качестве ориентира в нижнем ряду таблицы приводятся данные по вероятности срыва срока исполнения и усредненная величина финансовых потерь, возникающих при срыве срока на один день.

Финансовые показатели, соответствующие потерям от срыва сроков при подготовке космических экспериментов были заданы заранее.

Отметим две важные цифры: вероятность срыва срока при подготовке космического эксперимента, в соответствии с представленной выборкой, составляет 84 %, а один день просрочки обходится в среднем в 19 328 руб. Естественным будет, если штраф за каждый день просрочки составит цифру 19 328 руб., а доля в 84 % будет рассматриваться как неприемлемая, которую необходимо сократить в соответствии с предлагаемой методикой.

На втором шаге алгоритма вычисляются индекс запаздывания или индекс задержки исполнения проекта как отношение процентильных значений переноса сроков исполнения к их размаху, а также индекс издержек – как отношение процентильных значений издержек к их размаху.

Вычисленные для приводимого примера значения индексов представлены в табл. 2.

Таблица 2

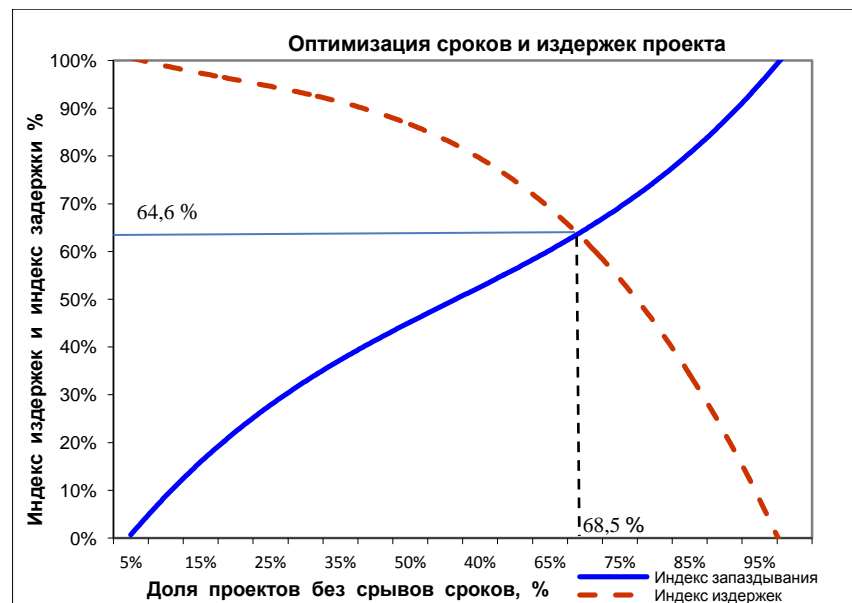
	Длительность запаздывания, дни				Цена запаздывания, руб.		
	Размах задержки, дни	420	Индекс		Размах издержек, руб.	21 850 000	Индекс
Процентиль 100 %	420	420	100 %	Процентиль 100 %	0	0 %	
Процентиль 95 %	393	393	94 %	Процентиль 95 %	443 700	2 %	
Процентиль 90 %	366	366	87 %	Процентиль 90 %	2 588 720	12 %	
Процентиль 85 %	360	360	86 %	Процентиль 85 %	8 213 795	38 %	
Процентиль 80 %	342	342	81 %	Процентиль 80 %	11 252 000	51 %	
Процентиль 75 %	300	300	71 %	Процентиль 75 %	11 935 000	55 %	
Процентиль 70 %	270	270	64 %	Процентиль 70 %	12 750 000	58 %	
Процентиль 65 %	261	261	62 %	Процентиль 65 %	14 505 000	66 %	
Процентиль 60 %	228	228	54 %	Процентиль 60 %	16 537 744	76 %	
Процентиль 55 %	180	180	43 %	Процентиль 55 %	18 116 949	83 %	
Процентиль 50 %	180	180	43 %	Процентиль 50 %	18 371 010	84 %	
Процентиль 45 %	180	180	43 %	Процентиль 45 %	18 983 001	87 %	
Процентиль 40 %	180	180	43 %	Процентиль 40 %	19 228 576	88 %	
Процентиль 35 %	159	159	38 %	Процентиль 35 %	19 900 891	91 %	
Процентиль 30 %	150	150	36 %	Процентиль 30 %	20 278 000	93 %	
Процентиль 25 %	135	135	32 %	Процентиль 25 %	20 555 000	94 %	
Процентиль 20 %	120	120	29 %	Процентиль 20 %	20 996 000	96 %	
Процентиль 15 %	84	84	20 %	Процентиль 15 %	21 500 000	98 %	
Процентиль 10 %	0	0	0 %	Процентиль 10 %	21 850 000	100 %	
Процентиль 5 %	0	0	0 %	Процентиль 5 %	21 850 000	100 %	

Отметим, что для анализа удобнее, когда данные по задержке исполнения и данные по издержкам располагаются противоположно, то есть, например, данные по задержке исполнения (индекс запаздывания) располагаются с нарастанием индекса, а данные по издержкам – по его убыванию (табл. 3).

Таблица 3

Доля проектов без срывов сроков, %	Индекс запаздывания, %, относительно процентиля 1	Индекс издержек, %, относительно процентиля 1
5	0	100
10	0	100
15	20	98
20	29	96
25	32	94
30	36	93
35	38	91
55	43	83
50	43	84
45	43	87
40	43	88
60	54	76
65	62	66
70	64	58
75	71	55
80	81	51
85	86	38
90	87	12
95	94	2
100	100	0

На третьем шаге алгоритма выстраивают две функции. Первая функция показывает зависимость индекса коррекции срока от доли космических экспериментов, выполняемых без срыва сроков исполнения. Вторая функция показывает зависимость издержек от той же доли проектов, исполняемых без срывов сроков.



График

На четвертом шаге определяется точка пересечения двух функций (см. график), соответствующая оптимальности издержек и срока исполнения проекта. Этому значению по оси абсцисс будет соответствовать доля проектов, исполняемых в срок. Оптимальность, соответственно, определяется как равенство индексов задержек и издержек. Смысл выбора оптимума на пересечении двух графиков состоит в том, что с ростом времени, закладываемого на подготовку космического эксперимента, экономические потери возрастают настолько, что смысл сокращать число срывов сроков теряется.

Из приведенного графика видно, что для выборки, взятой в качестве примера, оптимальным будет увеличение срока исполнения проекта на 64,6 %, что позволит увеличить долю проектов, выполняемых без срыва срока на 68,5 % и, соответственно, снизить вероятность срыва срока с уровня 84 % до уровня 10,8 % ( $= 84\% \cdot (1 - 68,5\%)$ ).

Вернувшись к табл. 2, по значению оптимальной вероятности (68,5 %), укажем по соответствующим процентильным значениям величины задержки и издержек, выходящие за рамки принятого оптимума. Удалим их, вычеркнув соответствующие строки в таблице (см. таблицу 4).

Таблица 4

	Длительность запаздывания, дни				Цена запаздывания, руб.		
	Размах задержки, дни	420	Индекс		Размах издержек, руб.	21 850 000	Индекс
Процентиль 100 %	420	420	100 %	Процентиль 100 %	0	0 %	
Процентиль 95 %	393	393	94 %	Процентиль 95 %	443 700	2 %	
Процентиль 90 %	366	366	87 %	Процентиль 90 %	2 588 720	12 %	
Процентиль 85 %	360	360	86 %	Процентиль 85 %	8 213 795	38 %	
Процентиль 80 %	342	342	81 %	Процентиль 80 %	11 252 000	51 %	
Процентиль 75 %	300	300	71 %	Процентиль 75 %	11 935 000	55 %	
Процентиль 70 %	270	270	64 %	Процентиль 70 %	12 750 000	58 %	
Процентиль 65 %	261	261	62 %	Процентиль 65 %	14 505 000	66 %	
Процентиль 60 %	228	228	54 %	Процентиль 60 %	16 537 744	76 %	
Процентиль 55 %	180	180	43 %	Процентиль 55 %	18 116 949	83 %	
Процентиль 50 %	180	180	43 %	Процентиль 50 %	18 371 010	84 %	
Процентиль 45 %	180	180	43 %	Процентиль 45 %	18 983 001	87 %	
Процентиль 40 %	180	180	43 %	Процентиль 40 %	19 228 576	88 %	
Процентиль 35 %	159	159	38 %	Процентиль 35 %	19 900 891	91 %	
Процентиль 30 %	150	150	36 %	Процентиль 30 %	20 278 000	93 %	
Процентиль 25 %	135	135	32 %	Процентиль 25 %	20 555 000	94 %	
Процентиль 20 %	120	120	29 %	Процентиль 20 %	20 996 000	96 %	
Процентиль 15 %	84	84	20 %	Процентиль 15 %	21 500 000	98 %	
Процентиль 10 %	0	0	0 %	Процентиль 10 %	21 850 000	100 %	
Процентиль 5 %	0	0	0 %	Процентиль 5 %	21 850 000	100 %	

Из таблицы следует, что при задержке исполнения проекта, превышающей три квартала, либо вызывающей издержки, превышающие 12,75 млн руб., проект следует оптимизировать, принимая решение о его дальнейшем продолжении. При этом доля проектов, выполняемых со срывом срока, уменьшится до 10,8 %.

В приложении к реалиям процесса подготовки и реализации космического эксперимента можно сформулировать следующие рекомендуемые дополнения к содержанию договора о выполнении работ по подготовке космического эксперимента:

а) если задержка исполнения этапа договора соисполнителем составляет 3 квартала и более, то договор следует признать утратившим силу и прекратить;

б) если сметная стоимость договора превышена на 12,75 млн руб., то договор следует признать утратившим силу и прекратить;

в) в случае просрочки исполнения договора соисполнителем, рекомендуемая сумма штрафа за каждый день просрочки должна составлять не менее 19 328 руб.

Полученные результаты справедливы при условии усредненных удельных издержках от срыва срока исполнения эксперимента, равных 19 328 руб./день. Если данная величина изменяется, соответственно изменяется и наклон графика индекса издержек, и точка оптимума смещается в соответствии с удешевлением или удорожанием издержек.

## Выводы

1. Оптимум выбора срока исполнения проекта определяется как баланс между длительностью его исполнения (с учетом задержки его исполнения) и финансовыми издержками от срыва сроков его исполнения.

2. Оптимум задержки срока исполнения зависит от величины удельных издержек от задержки исполнения и смещается в соответствии с удорожанием или удешевлением указанных издержек.

3. Для выборки проектов, взятой в качестве примера, оптимальным будет удлинение срока исполнения проекта на 64,6 % (в абсолютном выражении, не более, чем на три квартала), что позволит снизить долю проектов, выполняемых со срывом срока до 10,8 %.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Орлов А.И. Прикладная статистика. – М.: Издательство «Экзамен», 2004. – С. 120–183.
- [2] Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – 10-е изд., стер. – М.: Издательство «Академия», 2005. – С. 317–421.
- [3] Глазунов В.Н. Финансовый анализ и оценка риска реальных инвестиций. – М.: Финстатинформ, 2004. – С. 15–60.
- [4] Дудкин В.И., Резвый Р.Р., Наумов И.С. Взаимосвязь производительности труда в радиоэлектронном производстве с его инновационным развитием // Вопросы радиоэлектроники, серия ЭВТ. – Вып. 1, февраль 2013. – С. 181–195.
- [5] Секачев С.А., Шуклина М.А., Косорукова И.В. Оценка стоимости ценных бумаг и бизнеса. Учебное пособие. – М.: «Московская финансово-промышленная академия», 2011. – С. 15–97, 121–215, 217–520.
- [7] Дамодаран А. Инвестиционная оценка. Инструменты и техника оценки любых активов. – М.: «Альпина Бизнес Букс», 2004. – 1342 с., (С. 515–744).
- [8] Есипов В.Е., Маховикова Г.А., Терехова В.В. Оценка бизнеса. – СПб.: «Питер», 2006. – С. 200–217.
- [9] Минько А.А. Функции Excel. – М.: Эксмо, 2007. – С. 414–487.

# 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») (окончание)

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) (the final part). 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.

Начались первые тренировки экипажей. Тренажер пока еще не позволял отрабатывать все элементы программы полета, поскольку некоторые алгоритмы работы бортовой автоматики еще не были смоделированы. Поэтому такие тренировки-занятия мы проводили с привлечением специалистов по бортовым системам. Экипажи отрабатывали навыки по ведению радиосвязи, записи на магнитофоны, управлению системами СЖО и СТР, пользованию системой водоснабжения и АСУ, замене и обслуживанию локальных вентиляторов, замене регенерационных патронов СОГС, работе с медицинским оборудованием и др.

Как-то было выделено время врачу Л.И. Воронину для обучения экипажа пользованию бортовой медицинской укладкой. Нужно было научить экипаж делать друг другу инъекции (уколы). П.Р. Попович говорит: «Давай будем колоть инструктора». Я покорно начал снимать рубашку. Но Ю.П. Артюхин, поняв очередную «хохму» командира, сказал: «А кто же нас будет дальше готовить к полету?». Нашлась специальная подушка – в нее все и кололи, и даже меня заставили потренироваться.

Выделялось время для фотоподготовки. Вместе с А.И. Зайцем и экипажем мы выбирали необходимые ракурсы для фотосъемки, оптимальное освещение, светофильтры и т.д.

2 декабря 1972 года П.Р. Попович был назначен начальником 1-го управления.

В самом конце декабря 1972 года (по-моему, 29 числа) начальник 42 отдела ЦКБМ Е.Д. Камень с Виктором Киселевым привезли первую бортовую документацию. А.Я. Крамаренко поручил мне встретить их и помочь с оформлением документации в нашей секретной части. Книжки были огромные и не в бортовом исполнении. Но это была БД!

С нового 1973 года начались настоящие тренировки экипажей. Одновременно космонавты готовились к государственным экзаменам по бортовым системам. Был разработан перечень вопросов, выносимых на экзамены, и сформированы экзаменационные билеты. У П.Р. Поповича в корпусе, где сейчас размещается поликлиника Звездного городка, на втором этаже был кабинет. В этом кабинете мы с экипажем провели несколько дней весьма насыщенной подготовки к экзаменам, повторили все вопросы, все предполагаемые нештатные ситуации и порядок выхода из них. Если занятия планировались сразу после обеда, Павел Романович обязательно в течение 15–20 минут спал на диване, сказав нам с Артюхиным: «Я посплю, а вы учитесь!» и задавал «храпака». Но через 20 минут вставал, окно нараспашку, рубашку расстегивал, делал интенсивную зарядку и приступал к занятиям. Нередко засиживались до полуночи. Павлу Романовичу вместе с этим приходилось решать множество задач, связанных с его должностью начальника управления. Все прошло хорошо. Экипаж сдал экзамены на «отлично». Впереди была комплексная тренировка на тренажере «Иртыш» – самый главный и заключительный этап всей подготовки.

Комплексная тренировка состоялась 7 февраля 1973 года. В зале было много начальства, все волновались, особенно инструктор экипажа. Павел Романович взял билет с выбранными нештатными ситуациями, нам достался отказ нелинейных усилителей системы управления и соответствующий переход станции в режим стабилизации в инерциальной системе координат (режим РУОБА). Тренировка началась, по плану нужно было отработать программу полета четырех витков. На втором витке я выдал отказ, тренажер правильно среагировал: включилась соответствующая сигнализация на пультах, зазвучала сирена. Экипажу нужно было определить причину, перейти на резервные усилители и восстановить орбитальную ориентацию станции с переходом в точный режим стабилизации для выполнения спецработ. Экипаж успешно справился с ситуацией. Тренировка прошла без замечаний.

К концу тренировки прибыл генеральный конструктор В.Н. Челомей с руководящими специалистами ЦКБМ. Всем это добавило нервозности, но у меня ее, честное слово, не было. Владимир Николаевич поинтересовался программой тренировки и текущими операциями на борту. Я спокойно доложил ему о ходе тренировки и рассказал, как экипаж выходил из нештатной ситуации. В.Н. Челомей стал задавать вопросы своим заместителям и поставил меня им в пример: «Вот так надо знать станцию!».

Домой я еле дошел, ноги дрожали от перенапряжения, но настроение было радостное.

Вечером П.Р. Попович и Ю.П. Артюхин пригласили своих инструкторов: по ТПК «Союз» – В.Р. Горбунова, по ОПС «Алмаз» – М.Л. Шугаева, по стыковке – В.С. Аверьянова отметить по традиции окончание подготовки к полету. Отмечали на квартире у Ю.П. Артюхина. Было очень трогательно и по-домашнему тепло.





Инструкторы экипажей, слева направо: М.Л. Шугаев, М.С. Ткачук, В.Р. Горбунов, врач Р.В. Дьяконов, А.Я. Крамаренко, Н.В. Джигирей, Л.П. Гнут

Павел Романович в конце встречи взял двухпудовую гирию и поднял ее на вытянутой руке. Ну, молодежь, попробуйте! Вот такой это был экипаж!

Старт ОПС «Алмаз» планировался на 3 апреля 1973 года.

5 марта группа инструкторов ЦПК вылетела на космодром для участия в предполетной подготовке станции, окончательной доработки бортовой документации и проведения операций по обживанию станции экипажами.

Погода на полигоне была неприятной, холодно и сыро. В комнатах МИК на 95-й площадке было очень неуютно. Одной из главных задач на этом этапе была окончательная доработка бортовой документации, ознакомление экипажей со всеми внесенными изменениями в бортовые системы и алгоритмы работы аппаратуры. Мы дотошно, скрупулезно просматривали все бортовые инструкции, собранные замечания и предложения оперативно обсуждали с разработчиками и после согласования вносили их в бортовую документацию. Потом прибыли экипажи и руководство от ВВС и ЦПК. От ВВС нашей экспедицией руководил Герой Советского Союза генерал-майор авиации Л.И. Горегляд. Руководителем от ЦПК был А.П. Куклин.

Мы с экипажами провели «примерки» на рабочих местах станции, опробовали органы управления, осмотрели все укладки, дополнительное оборудование, «проиграли» операции по расконсервации. Были установлены катушки с фото пленкой, научная аппаратура. Экипажи уложили некоторые свои личные вещи, причем это делали экипажи всех предполагаемых экспедиций.

У нас в гостинице на 17-й площадке было тепло и сухо. Занятия с экипажами не прерывались и там – не менее четырех часов в день. Все специалисты стремились предоставить любой справочный материал и ответить на любые вопросы экипажей. А медики ежедневно проводили обследования и контроль состояния космонавтов.

По окончании работ по обживанию станции экипажи и инструкторы улетели домой для подготовки к старту на ТПК «Союз», который должен был состояться 7–8 апреля 1973 года.



Экипажи ОПС «Алмаз»,  
а также начальник 2-го отдела летчик-космонавт Г.С. Шонин (в нижнем ряду второй слева),  
начальник штаба нашей экспедиции А.П. Куклин (в верхнем ряду справа)



Основной экипаж ОПС «Алмаз» со своими инструкторами.  
Слева направо: М.Л. Шугаев, Ю.П. Артюхин, П.Р. Попович, В.Р. Горбунов

На технической позиции полигона представителем от ЦПК был оставлен Л.П. Гнут с задачей присутствовать при укладке бортовой документации в специальный контейнер под пультом ПСР и заключительных операциях перед закрытием люков ОПС. Л.П. Гнут и В.Р. Горбунов присутствовали на смотровой площадке при запуске ракеты «Протон» с ОПС «Алмаз». По их рассказам – зрелище неопишное!

ОПС «Алмаз» № 0101 вышла на орбиту 3 апреля 1973 и получила официальное название «Салют-2». (Кстати, название «Салют-2» написали на проставке, соединяющей орбитальный блок с последней ступенью ракеты-носителя «Протон». При выходе на орбиту проставка отделилась, таким образом на самом «Алмазе» никакого названия не было.)

По программе были задействованы все системы ОПС, раскрыты большие солнечные батареи, станция была сориентирована в орбитальной системе координат (продольная ось по вектору скорости), опробовали переход в инерциальную систему координат (с неизменным положением осей станции в пространстве), проверили стабилизацию в различных режимах с помощью ЖРД и электромеханической системы.

В отсеках станции поддерживался нормальный тепловлажностный режим атмосферы. Радиоуправление, телеметрия обеспечивали постоянный контроль работы станции.

Однако **15 апреля 1973 года**, на тринадцатые сутки полета (сто восемьдесят восьмой виток орбиты), были получены данные: основная телеметрическая система не работает. По «малой» телеметрии установили, что давление в гермоотсеке упало наполовину. Траекторные измерения показали небольшое изменение орбиты, как будто ей был сообщен импульс скорости. Станция «Салют-2», постепенно снижая орбиту, вошла в плотные слои атмосферы и упала в океан.

Причины гибели первой ОПС «Алмаз» № 0101 так и не были установлены однозначно. Комиссия пришла к выводу, что наиболее вероятной причиной аварии явился производственный дефект в двигательной установке ОПС. Но разработчики в нее не верили. Никакими внутренними воздействиями нельзя было объяснить зафиксированное импульсное изменение орбиты. Был довольно сильный внешний удар, скорее всего, осколком взорвавшейся третьей ступени ракеты УР-500К «Протон» (в ней после вывода на орбиту оставалось около 300 кг самовоспламеняющегося топлива). По некоторым источникам, через несколько суток после запуска станции «Салют-2» ПВО США наблюдали на орбите осколки третьей ступени ракеты-носителя УР-500К. Наши средства контроля космического пространства также зафиксировали множество осколков вблизи орбиты станции.

Что творилось в наших душах – не подлежит описанию. Обида за волнения и титанический труд, не достигший результата. А космонавты? Их состояние вообще невозможно представить. То же можно сказать и о состоянии работников ЦКБМ.

Но не было бы счастья, так несчастье помогло. Фирма С.П. Королёва, руководимая в то время В.П. Мишиным, не успевала с подготовкой транспортного корабля «Союз» к намеченной дате старта. Они заменили парашютную систему, но испытания прошли неудовлетворительно. Нужно было вернуться к старому парашюту, а для этого разобрать и снова собрать корабль, проведя весь объем проверок и испытаний. Дата старта ТПК «Союз» с экипажем была перенесена на 8 мая. Если бы не эта задержка с подготовкой транспортного корабля «Союз», на станции в это время уже находились бы П.Р. Попович и Ю.П. Артюхин... Страшно подумать об этом даже сейчас, спустя десятилетия.

Пришлось все начинать сначала. Опять началась техническая подготовка по бортовым системам уже новой станции ОПС № 101-2. Изменений было внесено сравнительно немного, но они были весьма важные и требовали досконального изучения и понимания. Значительно обновилась и пополнилась учебная база в 3-м отделении у Г.М. Колесникова. Огромную работу для этого провели В.П. Суворов, Н.И. Толкачев, И.Г. Федоренко, В.И. Ситников.

Г.М. Колесников и И.Г. Федоренко активно участвовали в испытаниях аппаратуры на самолетах-лабораториях ЛЛ Ту-104, а позже на ЛЛ Ил-76К. Эти испытания проводились совместно с испытателями ЦКБМ Э.Д. Сухановым, В.Г. Макрушиним, Л.Д. Смиривским.

В составе 1-го отделения 2-го отдела произошли небольшие кадровые изменения. Прибыл для прохождения службы О.Г. Ежов, его определили к В.Р. Горбунову для работы в дальнейшем инструктором по транспортному кораблю «Союз» и в перспективе по ТКС и ВА. Инструктором по «Союзу» в дублирующий экипаж Б.В. Волынова и В.М. Жолобова был назначен В.И. Болдырев, прикомандированный к нам из 1-го отдела. Кроме того, из 2-го отделения к нам был переведен А.А. Сидоренко – прекрасный знаток СИС и ОРУ, его определили помощником к М.С. Ткачуку – инструктором по ОПС «Алмаз».

Жизнь в Звездном городке шла своим чередом. Городок хорошел, люди были молодыми и веселыми. Во всяком случае, мне сейчас вспоминается именно так. 7 июля 1973 года состоялся праздник Нептуна, посвященный завершению работ по созданию искусственного озера и прилегающей к нему зоны отдыха. На озере, прямо на водной поверхности, установили деревянный помост в виде сцены. Выступали приглашенные артисты и наши детские коллективы. Были показательные выступления спортсменов сборной команды СССР по прыжкам на батуте. Соревнования по перетягиванию каната между командами управлений, авиационного полка, солдатами батальона охраны, комбинированная эстафета по бегу вокруг озера между семейными командами (старт дал сам Г.Т. Береговой). Было и пиво, и шашлыки, и все остальное.



Г.Т. Береговой дает старт эстафете

К тренировкам на тренажере экипажи приступили в октябре 1973 года.

Тренажер «Иртыш» был подвергнут доработкам с учетом результатов первого автономного полета ОПС «Алмаз» и тех изменений, которые предполагалось внести в новую станцию № 102. Были смоделированы некоторые режимы работы бортовых систем, которые раньше инструктору приходилось «подыгрывать» вручную с пульта. Пополнился состав имитаторов внешней визуальной обстановки. Вместо некоторых макетов в интерьер станции установили действующее оборудование. Теперь тренажер «ТДК-Ф71» обеспечивал имитацию полета ОПС по орбите искусственного спутника Земли в реальном и ускоренном масштабах времени в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах управления. Модель движения включала в себя: режим восстановления ориентации, точный и экономичный режимы стабилизации, программные развороты, довороты ОПС при выполнении спецработ, режимы стабилизации ОПС на участках коррекции орбиты, ручные режимы управления станцией.

Воспроизведение внешней космической обстановки в средствах наблюдения ОПС осуществлялось с помощью оптико-механических имитаторов ИМ-3 (изображение звездного неба в секстанте Р1-П), «Тополь» и имитатора Солнца (солнечный диск, наблюдаемый в приборе ИПС-0), управление которыми выполнял вычислительный комплекс тренажера.

На тренажере моделировалась работа следующих бортовых систем и аппаратуры: системы индикации, сигнализации и органов ручного управления, СУД, СУБК, СЖО, СЭП, фотоаппаратуры, фототелевизионной системы, аппаратуры визуального наблюдения, системы радиосвязи и передачи информации на Землю, бортовой информационно-поисковой системы, бортовой вычислительной системы, оборудования для технологических и медико-биологических научных экспериментов и др.

Короче говоря, коллектив тренажера совместно со специалистами СОКБ провели большую и очень важную работу. Особенно хочется отметить работу специалистов СОКБ из города Жуковский А.П. Чайкина по бортовой системе управления, А.П. Суворова по вычислительному комплексу, Г.С. Сарычевой по бортовой автоматике, В.С. Малютиной по пульту инструктора.

К этому времени под руководством ведущего инженера по подготовке космонавтов М.С. Ткачука была разработана новая программа тренировок, выпущены методические указания по их проведению. Были учтены замеченные ранее недостатки в организации тренировок, приняты меры по повышению их эффективности. Теперь мы больше внимания обращали на ручные операции, выполняемые экипажем при организации необходимых режимов полета для решения главной задачи.

Программа тренировок была построена так, что каждая тренировка включала подготовку к ней экипажа вместе с инструктором и собственно тренировку, т.е. отработку элементов программы полета на тренажере. На подготовку к тренировке отводился 1 час учебного времени. Инструктор ставил задачу экипажу и одновременно акцентировал внимание на работе отдельных бортовых систем. Задавались вопросы по особенностям работы той или иной системы, ее обслуживанию и управлению в полете. Таким образом, экипаж повторял пройденный ранее теоретический материал. Словесно и мысленно проигрывались различные нештатные ситуации и действия экипажа по выходу из них. Инструктор не говорил экипажу, какую именно нештатную ситуацию собирается «выдать» во время тренировки.





23 апреля 1974 года. Комплексная тренировка основного экипажа

Тренировки стали более насыщенными и целенаправленными. Однажды, после очередной тренировки, в процессе которой я задал две «нештатки» на фоне ручного перевода станции из экономичного в точный режим ориентации, Ю.П. Артюхин сказал мне: «Ну и загонял ты нас! Но на «замес» сегодня я все-таки пойду!».

«Замес» – так называли космонавты мини-футбол в спортзале. «Рубились» они там до седьмого пота. Все были молодыми, здоровыми, сильными. Мы, инструкторы, не сильно уступали им. У нас два раза в неделю была обязательная физкультура. Мы и на лыжах бегали, и в футбол и в волейбол играли, и на батуте прыгали.

Началась очередная тренировка. Волнение, конечно, было, но уже не такое, как перед первой комплексной тренировкой в феврале 1973 года. На тренировке от руководства присутствовали: заместитель начальника 1-го управления по научно-испытательной работе В.М. Румянцев, заместитель начальника 2-го отдела В.М. Щербаков и представители ЦКБМ.

Для имитации процесса перехода из транспортного корабля в ОПС командир экипажа П.Р. Попович вел связь с бортиженером Ю.П. Артюхиным с пульта инструктора тренажера «Иртыш» (как бы из корабля «Союз»).

Ю.П. Артюхин доложил командиру о состоянии атмосферы в станции, о результатах проверки пультов, освещения, крепления оборудования и готовности к работе.

П.Р. Попович через стыковочный люк «поплыл» в станцию. Вся тренировка прошла спокойно, уверенно. В самом конце экипаж обнаружил падение давления атмосферы. Определили резервное время для выполнения операций по покиданию станции, благополучно перешли в бытовой отсек транспортного корабля и закрыли переходный люк. Оценка экипажу за тренировку – «отлично».

Теперь экипажу после непродолжительного отдыха предстояло пройти все медицинские исследования и проверки, а инструкторам предстоял вылет на стартовый полигон для подготовки к проведению мероприятий по «обживанию» станции экипажами.



Слева направо: А.Я. Крамаренко, М.Л. Шугаев, П.Р. Попович

На полигон мы вылетели после майских праздников. В Байконуре тепло и солнечно. От 17-й площадки до монтажно-испытательного комплекса (МИК) 95-й площадки приблизительно 60 км. Преодолевали это расстояние дважды в день на нашем автобусе. А.Я. Крамаренко поручил мне быть секретчиком, т.е., будучи при оружии, сопровождать металлизированный ящик с документацией, а также под расписку выдавать ее нашим специалистам. Однажды, во время движения, у нашего автобуса заклинило правое переднее колесо и я вместе с ящиком летел по проходу от заднего сидения до водителя. Хорошо еще, что с нами не было космонавтов.

На 95-й площадке все работы по подготовке к старту велись по плану. Мы занимались бортовой документацией, доводя ее до необходимой кондиции, готовили планы и методики работы с экипажами в период «обживания».

Вскоре прибыли экипажи. Каждому было предоставлено время, чтобы поработать на реальных рабочих местах, уложить свои личные вещи, ознакомиться с изменениями в интерьере станции и особенностями работы с бортовыми системами. Чтобы попасть в станцию, всем приходилось надевать белоснежные комбинезоны, шапочки и бахилы на ноги.

Закончив все работы, мы с экипажами улетели в Звездный городок. Предстояла заключительная подготовка экипажа к старту. Нужно было провести несколько тренировок по сближению и стыковке. Кроме того, медики проводили свои заключительные мероприятия с экипажами. Экипажи жили в эти дни в новом, только что построенном профилактории на берегу озера. П.Р. Поповичу и Ю.П. Артюхину, как заядлым рыбакам, разрешили ловить рыбу прямо из нерестилища.

25 июня 1974 года в 01:38 была запущена вторая орбитальная пилотируемая станция серии «Алмаз», получившая в открытой печати название «Салют-3». Запуск прошел успешно, телеметрия показывала, что все системы станции работали в штатном режиме. Были проведены тестовые проверки системы управления, системы электропитания, корректирующей двигательной установки, двигателей стабилизации и ориентации.



«Беркуты» П.Р. Попович и Ю.П. Артюхин с инструктором М.Л. Шугаевым

В конце июня 1974 года экипажи со своими инструкторами, специалистами по бортовым системам и обеспечивающим персоналом вылетели на космодром. Каждый экипаж летел на отдельном самолете.

Жара на 17-й площадке стояла невообразимая, изнуряющая и неотвратимая. Столбик термометра зашкаливал за 40 °С. Работать не хотелось. Экипажи спасались в своих номерах, где были кондиционеры. А все остальные в плавательном бассейне. Экипажам купание было запрещено, да они и сами этого не делали – вдруг заболеешь перед самым стартом. К тому же доктор-эпидемиолог А. Казанцев буквально «отравил» воду в бассейне хлоркой.

После запуска станции и уточнения параметров ее орбиты стали известны данные для транспортного корабля «Союз-14», которые необходимо было занести в бортовые журналы транспортного корабля. Инструкторы В.Р. Горбунов и В.И. Болдырев проводили занятия с экипажами по устному проигрышу программы полета и возможным нештатным ситуациям.

Поступили изменения и в программу полета ОПС «Алмаз», которая уже была на орбите. Разработчики решили дополнить некоторые операции по расконсервации станции и расширить объем проверки состояния бортовых систем. Пришлось нашим инструкторам фломастерами и ручками на листах бумаги написать и нарисовать все эти изменения и указания. Эти листы я передал П.Р. Поповичу. Он положил их в карман своего летного костюма, чтобы уже на борту вставить в бортовой журнал. Затем он размашисто расписался на двери своего номера – такова была традиция.

1 июля 1974 года состоялось заседание Госкомиссии под председательством генерал-полковника М.Г. Григорьева – первого заместителя главнокомандующего ракетными войсками. В заседании приняли участие министр общего машиностроения С.А. Афанасьев, заместитель генерального конструктора Г.А. Ефремов, исполнявший обязанности технического руководителя по системе «Алмаз». Приняли решение о запуске корабля «Союз-14» 3 июля 1974 года в установленное время и утвердили составы экипажей.



Основной экипаж:

– командир корабля – летчик-космонавт полковник Павел Романович Попович;

– бортинженер – инженер-подполковник Юрий Петрович Артюхин.

Дублирующий экипаж:

– командир корабля – летчик-космонавт полковник Борис Валентинович Волюнов;

– бортинженер – инженер-подполковник Виталий Михайлович Жолобов.

Накануне старта, по традиции, экипажи и мы вместе с ними смотрели кинофильм «Белое солнце пустыни» и затем фотографировались.

Утром 3 июля мы проводили экипажи на старт, а вечером некоторые из нас присутствовали на смотровой площадке при запуске корабля «Союз-14» с экипажем «Беркутов» на борту. Старт состоялся в двадцать один час пятьдесят одну минуту по московскому времени. Зрелище грандиозное и волнующее. При запуске инструктор В.Р. Горбунов находился в бункере управления запуском ракеты-носителя на связи с экипажем.

После выхода корабля «Союз-14» на орбиту мы все стали поздравлять друг друга. Волнение и радость переполняли душу. Все кричали, прыгали, обнимались.

На смотровой площадке есть небольшое кафе. Все ринулись туда, чтобы отметить успешный запуск. У стойки собралась уйма народу, все хотели купить спиртное и закуску. Мы с Виктором Болдыревым сиротливо сидели за дальним столиком, отчаявшись что-либо купить. К нам подсели два летчика из нашего полка. У них был спирт, но закусить было нечем. И тут к нам подошел Николай Федорович Никерясов, наш замполит, и сказал: «Подождите, ребята, я сейчас». Через несколько минут принес целую охапку шашлыков. Оказывается, у него там все друзья и приятели, поскольку он всегда представлял космонавтов еще со времен Ю.А. Гагарина. Мы поблагодарили Николая Федоровича от всей души.



На снимке в первом ряду (слева направо) сидят: В.М. Жолобов, Б.В. Волюнов, П.Р. Попович, Ю.П. Артюхин. Во втором ряду (слева направо): инструктор М.Л. Шугаев, специалист-фотограф А.И. Заяц, инструктор В.Р. Горбунов, представитель особого отдела, инструктор М.С. Ткачук, ведущий инженер В.А. Харченко, инструктор В.И. Болдырев



Бригада специалистов ЦПК, обеспечивавшая предстартовую подготовку алмазных экипажей к первому пилотируемому полету

Вернулись на 17-ю площадку мы уже после 11 часов вечера. По традиции экипаж оставил своему инструктору конверт с деньгами, чтобы все отметили счастливый старт, удачную стыковку и благополучную посадку. Организацией этого мероприятия занимался В.Р. Горбунов – инструктор и доверенное лицо только что стартовавшего экипажа. Вокруг бассейна были установлены столы с соответствующей сервировкой, было много выступлений, поздравлений, тостов. Спать легли уже под утро. А в 6 часов утра – подъем, поскольку в 08:00 был намечен вылет в Евпаторию для работы в составе группы управления полетом. Да! Выспаться мы, конечно, не успели, и наши головы давали знать об этом. Самолет приземлился на военном аэродроме в Саках, а оттуда на машинах мы добрались до нашего Домика рыбака, на самом берегу моря. Наземный измерительный пункт НИП-16, где располагалась Главная оперативная группа управления (ГОГУ) полетом пилотируемых космических аппаратов, находился в трех километрах от нашего Домика рыбака и деревни Витино.

Едва успев переодеться и бросить свои вещи в номере, мы с В.Р. Горбуновым и другими нашими специалистами поспешили на НИП, чтобы заступить на дежурство в свою смену. Сменным руководителем полета был А.Ф. Богданов, его заместителем от ЦПК А.Я. Крамаренко. М.С. Ткачук и Л.П. Гнут работали в группе разработки и расчета суточных программ для ПТКРЛ. Я был определен в группу ведения связи с экипажем. Главным оператором нашей смены был космонавт В.Е. Преображенский. Вместе с А.Г. Дьяченко мы собирали данные для сеансов радиообмена с экипажем. Формировали радиogramмы на борт, согласовывали их у руководителей полетом. Во время сеансов связи я обеспечивал консультации главному оператору по вопросам реализации плана радиообмена и был готов в случае необходимости выйти на связь с экипажем по КВ-радиолинии «Весна».

В других группах ГОГУ работали практически все специалисты 2-го отдела.

На НИПе в Уссурийске в дежурных сменах от ЦПК принимали участие В.И. Бутаков и А.Н. Майсурадзе; в Елизово, на Камчатке, работали наши радисты

В.Т. Тетерский и А.Ф. Маленко; в Тушино ЦПК представляли В.И. Ситников и И.Г. Федоренко; на корабельном командно-измерительном пункте «Космонавт Юрий Гагарин», который находился в районе острова Куба, главными операторами были наши космонавты Ю.Н. Глазков и С.Н. Гайдуков; на научно-исследовательском судне «Космонавт Владимир Комаров» главным оператором от ЦПК был космонавт Н.Н. Фелелов.

До перехода экипажа в станцию группой ГОГУ руководили представители фирмы С.П. Королёва (ЦКБЭМ), а после – представители фирмы В.Н. Челомея (ЦКБМ).

Предстоял самый сложный этап полета – стыковка корабля «Союз-14» с ОПС «Алмаз». Вот как вспоминает этап стыковки П.Р. Попович: – «Вывели нас баллистики к станции на 600 м. На 100 м мы взяли управление на себя, а на пятидесяти корабль начало сносить вправо. А в это время у нас закончилась связь с Землей... Я сразу остановил движение корабля... Все вроде в норме, но корабль-то «понесло»... Ясности не было, а стыковаться надо. Чтобы лучше чувствовать ручки управления, я снял перчатки скафандра – ведь управлять маленькими ручками в перчатках очень сложно. Юра попытался протестовать, ведь если ударимся и будет разгерметизация – ничто не спасет. Я ему: «Ты спасешься и скажешь, что я добровольно на это пошел». Я быстро восстановил ориентацию и мы воткнулись прямо в центр конуса стыковочного узла».

После причаливания и стягивания экипаж приступил к проверке герметичности стыка. Для этого прибор мановакуумметр подключается к соответствующим полостям стыковочного узла и замеряется изменение давления. При проверке оказалось, что малая полость дает утечку, но большая полость в сторону космоса герметична. Командир экипажа доложил о нештатной ситуации на Землю и попросил разрешения на открытие переходного люка под ответственность экипажа. Земля думала целый виток. Наконец, в самом конце зоны видимости, на связь вышел В.Н. Челомей и разрешил переход. Станция ушла, а когда вновь вошла в зону связи, экипаж докладывал о процессе перехода уже из «Алмаза».

Началась долгожданная работа. Провели операции по расконсервации станции, включили необходимое освещение, проверили все пульта и органы управления, надежность крепления оборудования, достали книги бортовой документации и закрепили их на рабочих местах, включили необходимые вентиляторы. Проложили специальные воздуховоды из корабля «Союз-14» в станцию, чтобы объединить их атмосферы.

В первые 2 дня самочувствие космонавтов было неважным, ощущался сильный прилив крови к голове, лица распухли и покраснели, но тошнотворных позывов не было. П.Р. Попович еще перед стартом неоднократно говорил Ю.П. Артюхину: «В первые дни полета нельзя делать резкие движения, особенно головой, поворачивайся медленно, всем телом.» Для профилактики неблагоприятного влияния невесомости на борту ОПС была вакуумная емкость «Ветер». Это такие гофрированные штаны с насосом, который откачивал воздух, при этом создавалось разрежение в полости, где размещалась нижняя часть тела космонавта. Таким образом приток крови к голове уменьшался. К сожалению, вакуумная емкость вышла из строя при первом же включении. Павел Романович придумал способ, чтобы снять ощущение прилива крови к голове. Для этого они всплывали к потолку станции, упирались во что-нибудь руками и сильно прижимались головами к борту станции. Говорили, что помогает.



Экипаж ОПС «Алмаз» в бытовом отсеке

Несмотря на все неприятные ощущения, экипаж интенсивно работал, четко выполнял программу полета и указания с Земли.

В часть программы входили медико-биологические исследования, определение физических характеристик космического пространства, фотосъемки в интересах геологов, почвенных картографов, выявление загрязнений рек и озер, инвентаризация лесов и сельхозугодий. В рамках международной программы «ТРОП-ЭКС-74» проводилась фотосъемка облачного покрова, тайфунов и циклонов над Атлантикой. Большинство съемок проводилось фотокамерой КФ-100, имеющей объектив «Уран-27» с фокусным расстоянием  $F=100$  мм и формат кадра 70x80 мм.

С помощью прибора «Реакция» экипаж выполнял технический эксперимент по экзотермической пайке имитаторов стальных трубопроводов.

В суточной программе полета экипажу выделялось время для обязательных занятий на физтренажере и беговой дорожке. Это позволило космонавтам сохранить свое здоровье и быть к концу полета в хорошей форме.

На третьи сутки полета вдруг включилась аварийная звуковая сигнализация на пульте ППР. Космонавты сняли сигнал тревоги и начали выяснять причину, но все оказалось в норме. Только легли отдыхать – она включилась вновь. И опять все оказалось в норме. После третьего подъема решили заблокировать в нажатом состоянии кнопку отключения звукового сигнала. Звук больше не мешал, но у космонавтов было ощущение постоянной тревоги, поэтому они периодически разблокировали злополучную кнопку, чтобы проверить состояние звуковой сигнализации.

Ю.П. Артюхин рассказывал мне, как однажды во время сна почувствовал, что кто-то ощупывает его лицо. Он отмахнулся рукой, но через некоторое время все повторилось снова. Проснувшись, увидел, что это его собственный тапок плавает возле лица. Вот так! На станции нужно было фиксировать буквально все.

К концу полета космонавты освоились и полюбили станцию. Расставаться с ней им, конечно, хотелось, но что-то щемило внутри. Многие операции по управлению станцией они выполняли, не прибегая к бортовым инструкциям. Когда главный оператор напоминал им номера страниц в бортовой инструкции для вы-

полнения операций по управлению некоторыми системами, П.Р. Попович отвечал: «Мы это делаем без БИ!».

Перед уходом со станции П.Р. Попович и Ю.П. Артюхин провели ее консервацию, закрепили все оборудование и расходные материалы, перенесли в бытовой отсек транспортного корабля контейнеры с отходами, снарядили спускаемую капсулу и установили ее в пусковую камеру (ПК), выключили пульты и освещение. Кстати, капсулу было решено сбросить в конце основной программы, через 90 суток полета станции. 23 сентября 1974 года по команде с Земли станция сориентировалась, открылась крышка ПК, капсула стартовала. Возвращение прошло по программе, поисковики запеленговали ее радиомаяк при спуске на парашюте. Капсула была доставлена в Москву. Это была первая в СССР и, пожалуй, в мире космическая посылка, подготовленная космонавтами.

19 июля 1974 года экипаж на корабле «Союз-14» возвратился на Землю. Спускаемый аппарат приземлился в районе Джезказгана. Командир экипажа П.Р. Попович доложил председателю Госкомиссии М.Г. Григорьеву: «Программа полета выполнена полностью!» И это было первое живое донесение экипажа после многодневного пребывания на станции, после напряженной работы в условиях невесомости. Экипажа, сохранившего после полета отличную физическую форму и докладывавшего четко и уверенно.

Станция «Салют-3» была первой в стране орбитальной станцией, экипаж которой успешно выполнил программу полета и благополучно возвратился на Землю. Продолжительность полета составила 15 суток 17 часов 30 минут 28 секунд.

К сожалению, следующему экипажу в составе майора Г.В. Сарафанова и полковника Л.С. Демина не удалось состыковаться со станцией «Салют-3» по причине отказа все той же системы стыковки «Игла». К тому же станция не получила так необходимого для ее работы на орбите горючего, которое должен был доставить «Союз-15».

Станция «Салют-3» продолжала полет по дополнительной программе. По истечении семи месяцев управляемого полета, когда было выработано все горючее, 24 января 1975 года ее двигательной установкой был выдан тормозной импульс, станция перешла на траекторию спуска и вошла в плотные слои атмосферы в заданном районе акватории Тихого океана.

31 июля 1974 года на заседании руководящих специалистов ЦКБМ в Реутове было заслушано сообщение П.Р. Поповича и Ю.П. Артюхина о выполнении программы полета ОПС «Алмаз» и о результатах работы корабля 7К-Т № 62.

Было принято решение:

1. На первом этапе программа автономного полета станции «Салют-3», а также программа пилотируемого полета станции «Салют-3» с кораблем «Союз-14» полностью выполнена.

2. Отметить, что программа полета первой экспедиции экипажем в составе П.Р. Поповича и Ю.П. Артюхина выполнена. Экипаж показал хорошее знание программы полета, высокую теоретическую, техническую и специальную подготовку, проявил большое трудолюбие и выполнил полетное задание в полном объеме и с отличным качеством.

После заседания на территории ЦКБМ состоялась встреча работников предприятия с первым экипажем ОПС «Алмаз». На площади, недалеко от проходной, была воздвигнута трибуна для руководства и космонавтов.

На встрече присутствовали высокие партийные руководители Московской области, представители Минобщемаша, Минобороны, Центра подготовки космо-

навтов. Руководил встречей генеральный конструктор Владимир Николаевич Челомей.

Было много выступлений работников предприятия – все благодарили экипаж за путевку в жизнь, которую космонавты дали их детищу. Космонавты докладывали о работе бортовых систем и, в свою очередь, благодарили всех специалистов за прекрасную станцию.

По окончании официальной торжественной части приглашенные двинулись в сторону заводоуправления для участия в неофициальной части торжества – банкете. Проходя мимо нас, Павел Романович Попович представил В.Н. Челомею сначала В.Р. Горбунова: «Вот мой инструктор по транспортному кораблю». Челомей пожал Володе руку и сказал: «Ну, что же – делаем общее дело». «А вот мой инструктор по станции», – представил Попович меня. Владимир Николаевич протянул мне руку и говорит: «Эх! Дай я тебя обниму!», при этом он даже немного приподнял меня.

На банкете мы с Володей Горбуновым оказались за столом напротив П.Р. Поповича, Ю.П. Артюхина и первого секретаря Московского обкома партии Валентина Карповича Месяца. Когда стали наливать, он тихо спросил Артюхина: – «Вам, наверное, сейчас нельзя?», на что Юрий Петрович неуверенно ответил: – «нельзя». И очень пожалел об этом, довольствуясь минеральной водой до конца приема. Ну а Павел Романович и все мы не отказывали себе ни в чем! После окончания встречи мы (инструкторы) и экипаж уехали на машине в Звездный городок, даже не сдав на проходной свои пропуска. Мне потом пришлось своим ходом доставлять их на место. В Звездном городке П.Р. Попович и Ю.П. Артюхин продолжили этап послеполетных мероприятий в только что сданном профилактории на берегу нашего озера. Там П.Р. Попович угостил нас напитком «Байкал», совсем недавно созданным и еще не появившимся в продаже. Так вот: Кока Кола и Пепси Кола – просто сладкая вода по сравнению с нашим «Байкалом»! Очень жаль, что сейчас все это не так!

В заключение хочу сказать, что я преклоняюсь перед мужеством и героизмом моего экипажа. Они прошли трудный путь к своему триумфальному полету. На их глазах, буквально сразу после **предполагаемого** перехода экипажа в станцию «Салют-2», она разгерметизировалась и погибла. Преодолев все трудности, экипаж с честью выполнил свою историческую миссию. Они – настоящие герои!

И последнее. Если бы к началу летных испытаний ОПС «Алмаз» у В.Н. Челомея был бы свой транспортный корабль снабжения, испытания прошли бы гораздо успешнее!

Родина высоко оценила успешный полет космонавтов на орбитальной научной станции «Салют-3» и транспортном корабле «Союз-14» и проявленные при этом мужество и героизм. Герой Советского Союза, летчик-космонавт Попович Павел Романович награжден орденом Ленина и второй медалью «Золотая звезда». Летчику-космонавту Артюхину Юрию Петровичу присвоено звание Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая звезда».

*Автор записок благодарит за предоставленные материалы  
Н.Н. Фефелова, Н.И. Толкачева и И.Г. Федоренко*

УДК 629.78.11(47+57)+(44)

**СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ АСПЕКТ  
ФРАНКО-СОВЕТСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА  
В ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКЕ**

Л.В. Иванова, Лоранс Рош-Най

Канд. социологических наук Л.В. Иванова (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)  
Лоранс Рош-Най (ЕКА, Франция) Laurence Roche-Nye Doctorante Etudes Slaves –  
Transferts Culturels Université Paris-Ouest La Défense

В статье проанализированы основные предпосылки, тенденции и результаты совместного сотрудничества в пилотируемой космонавтике между СССР и Францией, показаны ведущие факторы, имеющие влияние на успешную деятельность партнеров, представлено значение итогов двухсторонней деятельности для каждой из участвующих стран.

**Ключевые слова:** франко-советское сотрудничество, французские космонавты, программы исследований и экспериментов, научные институты, партнерство, социокультурные параметры.

**Sociocultural Aspects of Franco-Soviet Cooperation in Manned Spaceflight.  
L.V. Ivanova, Laurence Roche-Nye**

The paper analyses the main premises, tendencies, and outcome of cooperation between France and the USSR in manned cosmonautics. Also, it shows major factors that influence partnerships and the significance of results of bilateral activity for each participating nation.

**Keywords:** Franco-Soviet cooperation, French cosmonauts, research and experiment programs, research institutes, partnership, sociocultural parameters.

Успехи в освоении космического пространства – первый искусственный спутник Земли в 1957 году, первый полет человека в космос Юрия Гагарина в 1961 году, первый выход человека в открытый космос Алексея Леонова в 1965 году и др. – правительство СССР рассматривало как достояние не только советского народа, но и всего человечества [1, с. 282]. Космические достижения в освоении космического пространства стали незаменимым инструментом во внешней политике Советского Союза в рамках программы «Интеркосмос» и на двусторонней основе с Индией, США, Швецией, Францией. Продвигая программы мирных научных исследований, СССР желало, с одной стороны, позиционироваться по отношению к США, а с другой – использовать потенциал научно-технических результатов для выхода из международной изоляции, при этом выступая еще и координатором теоретических и прикладных исследований в области космоса.

Во Франции в 1961 году Шарль де Голль создал Национальный центр космических исследований (CNES). Задачей этого центра была координация научно-исследовательских институтов, финансирование отдельных космических проектов, определение национальной космической политики и разработка дальнейшей стратегии в этой области. CNES начало сотрудничество с НАСА и первая стадия этого сотрудничества проходила в рамках разработанных НАСА научных программ (ФР-1, ОГО). Несколько лет спустя американское Агентство начало отдавать предпочтение своим национальным проектам, соответственно, темп этих программ, руководство которых осуществлялось слабо, сильно замед-



лился. Тем не менее, французский персонал CNES успел пройти обучение на объектах НАСА. У Шарля де Голля возникло стремление положить конец зависимости французской космонавтики от единственных партнеров – американцев. Начиная с 1964 года, ускорился процесс сближения между Францией и Советским Союзом.

В ноябре 1965 года Франция стала третьей страной, которая собственными средствами вывела на околоземную орбиту искусственный спутник Земли.

С 20 июня по 1 июля 1966 года по приглашению Председателя Президиума Верховного Совета СССР Н.В. Подгорного де Голль нанес официальный визит в СССР. «Официальный визит Шарля де Голля в СССР в 1966 году является, бесспорно, важнейшим из его официальных поездок за границу, поскольку он завершил процесс сближения между Западом и СССР, начатый в 1958 году и проходивший под лозунгом «разрядки, согласия и сотрудничества» с целью предотвратить дальнейшее разделение на западный и восточный блоки и выйти из ситуации холодной войны» [2]. Об этом писали французские историки: бывший посол Франции Франсуа Пуо и профессор славянской и российской истории в Сорбонне Мари Пьер Рэ. Таким образом, именно «взаимный интерес» двигал и Францией, и СССР в попытке развития двухстороннего сотрудничества. СССР стремился выйти из изоляции, вызванной политикой «холодной войны», а Франция – найти альтернативу системе западного и восточного блоков. Тем не менее, и у той, и у другой стороны имелись и собственные политические соображения.

В то же время деловой визит заместителя Председателя Совета Министров СССР, Председателя ГКНТ СССР К.Н. Руднева и ответный визит министра по атомным и космическим вопросам Гастона Палевски способствовали министрам иностранных дел двух стран Андрею Громыко и Кув де Мувил подписать 30 июня 1966 года «межправительственное соглашение о сотрудничестве в освоении и изучении космоса в мирных целях». «Эти стратегические соглашения будут являться юридической основой двухстороннего научного сотрудничества, отмеченного политическим желанием Франции вступить на новый путь, где мы, возможно, столкнемся с трудностями, но который в то же время может помочь нам выйти из ситуации постоянного противостояния двух блоков и постепенно поднять железный занавес, или, по крайней мере, проникнуть по другую его сторону» [3].

В январе 1973 года во время встречи Л.И. Брежнева с Ж. Помпиду в Заславле была рассмотрена «Программа перспективных направлений сотрудничества в области исследования и использования космического пространства в мирных целях», подготовленная учеными СССР и Франции и принятая на X сессии «Большой комиссии». В июле 1975 года эта программа стала важной составной частью общей программы углубления советско-французского сотрудничества в области науки и техники на десятилетний период. Подготовка же новых проектов и экспериментов базировалась на положительном опыте сотрудничества, накопленном обеими странами за минувшие годы по всем основным направлениям исследования и освоения космоса [4].

В 1979 году во время встречи Л.И. Брежнева и В.Ж. д'Эстэна руководство СССР предложило правительству Франции осуществить полет французского космонавта в составе экспедиции посещения на станцию «Салют-7». «Французская



сторона выразила благодарность за это предложение, которое должно было способствовать проведению некоторых совместных исследований» [5].

В 1980 году отобранные французские космонавты Жан-Лу Кретъен и Патрик Бодри прибыли в Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина на подготовку к осуществлению космического полета. Теоретическое изучение систем, практические тренировки, изучение русского языка, создание командованием Центра максимально комфортных условий для проживания и времяпрепровождения семей – необходимые факторы успешной работы.

В 1982 году был осуществлен первый полет французского космонавта на борту станции «Салют-7» длительностью 8 суток. Таким образом, было организовано еще одно направление в рамках соглашения о сотрудничестве между Францией и СССР – это пилотируемые полеты. Созданный программный комитет рассматривал и определял совместные научные программы исследований и экспериментов, проводимых на борту орбитальных станций. Научная программа включала работы по астрономии, материаловедению, медицине и биологии.

В 1985 году на встрече на высшем уровне было предложено Франции совершить длительный космический полет на борту станции «Мир» с выходом в космос. На экспедицию «Арагац» подготовились Жан-Лу Кретъен и Мишель Тонини. Из-за опыта космического полета Кретъена назначили в основной экипаж, а Тонини его дублером.

Для международных полетов с конца 70-х годов с целью возникновения положительного психологического настроения у членов экипажей космических экспедиций разрабатывалась программа по использованию национальных пищевых продуктов. Так, в советско-французский проект «Арагац» по инициативе французских специалистов был включен эксперимент по созданию гостевого набора французских национальных продуктов. Из 72 предложенных продуктов на дегустационном совещании советских и французских специалистов были отобраны для дальнейшей работы 46 наименований по органолептическим качествам, консистенции (вязкости), содержанию влаги и другим показателям, соответствующим условиям космического полета. Продукты, рекомендованные в гостевой набор, производили свыше десяти французских фирм. Их представители ознакомили советских специалистов с технологией производства, особенностями хранения и использования этих продуктов. Во Франции 150 образцов каждого наименования были помещены на шесть месяцев в камеры в условия, аналогичных на станции «Мир». До и после ресурсных испытаний обе стороны провели параллельные органолептические, физико-химические и микробиологические исследования всех образцов. Образцы продуктов из выпущенной для полета партии подвергались параллельным органолептическим, физико-химическим и микробиологическим исследованиям во Франции и СССР [6]. По результатам этого эксперимента был определен ассортимент продуктов для полета. В его состав вошли: обезвоженные овощные супы в полимерной упаковке, восстанавливаемые горячей водой перед употреблением; рыбные и мясные блюда; различные паштеты (из ветчины, бретонский, по-деревенски, с зеленым перцем и пр.); паста из крабов; рагу из зайца по-эльзасски; лангусты по-бретонски; соусы; плавленые сыры, упакованные в алюминиевые банки; фруктовые палочки из клубники и апельсинов; мармелад; крем шоколадный; хлеб белый и серый.

26 ноября 1988 года начался полет по программе «Арагац» на корабле «Союз ТМ-7», а 9 декабря во время этого полета Жан Лу Кретьен осуществлял 5 часов 51 минуту внекорабельную деятельность. Таким образом, Жан-Лу Кретьен первым в мире (исключая космонавтов СССР и США) совершил два космических полета, первым выполнил выход в открытый космос и первым из французских космонавтов осуществил три космических полета.

Координирующую деятельность по космической программе – полеты иностранных космонавтов на советские пилотируемые космические станции – проводил Главкосмос. Французская сторона на каждый полет после подписания отдельных соглашений назначала руководителя проекта, который координировал всю деятельность, связанную с подготовкой космонавтов, научной программой экспериментов, разработкой аппаратуры, сопровождением программы полета в ЦУПе, участием в работе на космодроме Байконур.

В 1989 году сотрудничество в пилотируемой программе усилилось новым генеральным соглашением на 10 следующих лет и конкретизировалось в рамках научно-технической программы на станции «Мир». В 1992 году дополнительное соглашение предусматривало 4 новых полета французских космонавтов до 2000 года.

С 1992 года космическое сотрудничество было подорвано глубоким экономическим кризисом, вызванным крахом советской системы и бюджетным дефицитом, который он породил. В этих условиях космическая отрасль должна была самостоятельно искать способы выживания. Созданное в 1992 году Российское космическое агентство, призванное осуществлять административный и финансовый контроль над космической промышленностью, определило промышленную и коммерческую политику. «Некоторые научные разработки миссии Антарес, например, печь для плавки металлов, были оставлены на станции «Мир» взамен денежной компенсации» [7].

«С 1979 по 1999 гг. соглашения относительно пилотируемых полетов на станции «Салют» и «Мир» регулярно продлевались, что позволило дублерам астронавтов систематически участвовать в полетах» [8]. CNES воспользовался серией интенсивных полетов для тренировки небольшой группы космонавтов на высочайшем уровне. В рамках каждого полета обычно назначались «глава миссии» и его дублер, который становился членом основного экипажа в следующей миссии. Этот подход был задействован во всех программах кроме программы «Андромеда» (см. табл. 1).

С 20 февраля по 28 августа 1999 года в качестве бортинженера на корабле «Союз ТМ-29» в составе 27-й ОЭ на станции «Мир» работал Жан-Пьер Энъере. В соответствии с программой был запланирован его полет длительностью 184 дня, но запуск очередного «Прогресса», который должен был доставить научную аппаратуру по программе «Персей», был перенесен на четыре дня. Таким образом, Жан-Пьер Энъере своим полетом в 188 суток 20 часов 16 минут установил рекорд по длительности пребывания иностранных космонавтов на борту станции «Мир» [9]. После этого полета Энъере стал и рекордсменом среди всех космонавтов (исключая космонавтов России и США) по суммарной продолжительности космических полетов – 209 суток 12 часов 25 минут.

Таблица 1

## Хронология российско-французских полетов

Порядковый номер полета	Программа	Дата совершения полета/ кол-во суток	КК и ОС	Состав экипажа	Примечание
1-й	(PVH)	24.06–02.07. 1982/8	«Союз Т-6»/ «Салют-7»	В. Джанибеков А. Иванченков А. Березовой В. Лебедев (СССР) Ж.-Л. Кретъен (Франция)	Дублер: Патрик Бодри
2-й	«Арагац»	26.11–21.12. 1988/25	«Союз ТМ-7»/ «Союз ТМ-6»/ ОС «Мир»	А. Волков С. Крикалёв (СССР) Ж.-Л. Кретъен (Франция)	Дублер: М. Тонини 9 декабря А.А. Волков и Ж.-Л. Кретъен работали в открытом космосе
3-й	«Антарес»	27.06–10.08. 1992/14	«Союз ТМ-15»/ «Союз ТМ-14»/ ОС «Мир»	А. Соловьев С. Авдеев А. Викторенко А. Калери (СССР) М. Тонини (Франция)	Дублер: Ж.-П. Эньере
4-й	«Альтаир»	01–22.06. 1993/21	«Союз ТМ-17»/ «Союз ТМ-16»/ ОС «Мир»	В. Циблиев А. Серебров Г. Манаков А. Полещук (Россия) Ж.-П. Эньере (Франция)	Дублер: К. Андре-Дез
5-й	«Кассиопея»	17.08–02.09. 1996/16	«Союз ТМ-24»/ «Союз ТМ-23»/ ОС «Мир»	В. Корзун А. Калери (Россия) К. Андре-Дез (Франция)	Дублер: Л. Эйартц
6-й	«Пегасус»	29.01–19.02. 1998/21	«Союз ТМ-27»/ «Союз ТМ-26»/ ОС «Мир»	Т. Мусабаев Н. Бударин А. Соловьев П. Виноградов (Россия) Л. Эйартц (Франция)	Дублер: Ж.-П. Эньере
7-й	«Персей»	20.02–28.08. 1999/189	КК «Союз ТМ-29»/ ОС «Мир»	В. Афанасьев Г. Падалка С. Авдеев (Россия) И. Белла (Словакия) Ж.-П. Эньере (Франция)	Дублер: К. Эньере 16 апреля В. Афанасьев Ж.-П. Эньере работали в открытом космосе
8-й	«Андромеда»	21–31.10. 2001/10	«Союз ТМ-33»/ «Союз ТМ-32»/ ОС «МКС»	В. Афанасьев К. Козеев Ю. Онуфриенко Ю. Усачев (Россия) Ш. Люсид (США) К. Эньере (Франция)	Дублера не было

Восемь космических экспедиций были запущены на станции «Салют-7», «Мир» и «МКС». Пять космонавтов, среди которых было четверо мужчин и одна женщина (единственная женщина-космонавт Франции – Клоди Андре-Деэ (Эньере), совершившая два космических полета на российских кораблях «Союз ТМ-24» и «Союз ТМ-33»), работали в космическом пространстве 304 дня. С основными результатами деятельности французских космонавтов можно познакомиться в табл. 2.

Таблица 2

Статистические данные по основным результатам деятельности французских космонавтов

№ п/п	Характеристика информации	Общие результаты достижений космонавтов Франции	Результаты, полученные космонавтами Франции в период советско/российско-французских полетов
1	Космонавты Франции: общее кол-во космонавтов космонавты с опытом полета	14 9	5
2	Выполненные космические полеты	17	8
3	Продолжительность полетов (сут)	430	304
4	Выходы в космос	5	2
5	Продолжительность выходов в космос	32 ч 05 мин	12 ч 34 мин

### Итоги франко-советского/российского космического сотрудничества в области пилотируемых полетов

- Начатое по политическим мотивам и поддержанное научными институтами, франко-советское/российское космическое сотрудничество в течение двадцати лет отличалось в основном своим научным характером. Привлекая для руководства этим сотрудничеством соответствующие институты, оба государства обеспечивали себе технический прорыв, несмотря на напряженную обстановку в военной отрасли, на денежные трудности, на обеспокоенность этим сотрудничеством американских властей и на изменения в национальной политике обеих стран.

- Соглашение 1979 года об осуществлении программы франко-советских пилотируемых полетов, ставшее возможным благодаря настойчивости CNES, сделало из Франции первого по значимости несоциалистического партнера СССР в космической области и свидетельствовало об укреплении партнерских отношений, начатых в 1966 году.

- После первого полета 1982 года французского космонавта Жана-Лу Крегьена в миссии RVN последовали регулярные экспедиции французов на орбитальную станцию «Мир». Характер программ соответствовал финансовым соглашениям вплоть до сведения с орбиты станции «Мир» и ввода в эксплуатацию Международной космической станции.

- Участие французских космонавтов (единственных из иностранцев) в программе космического сотрудничества между двумя странами на протяжении семи экспедиций способствовало приобретению ими большого объема теоретических знаний, устойчивых практических навыков и незаменимого опыта в области межкультурной коммуникации.

- С точки зрения научных исследований экспериментальные программы в различных областях, среди которых, микрогравитация, физика материалов, биомедицина, физиопсихология и др., были успешно реализованы французской стороной благодаря «приглашению в космос» французских астронавтов-исследователей.

- С советской стороны анализ «космического предложения» СССР свидетельствовал о начале эры «космической дипломатии», подкрепленной множественными международными полетами, направленными на создание мирного образа СССР.

С течением времени главенство французского представительства в космосе уступило место Корпусу европейских астронавтов, которые перед полетом на МКС по-прежнему получают специальную подготовку в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Этот уникальный опыт в истории космического сотрудничества с СССР/Россией оказывается существенным, но не единственным ресурсом для совершенствования подготовки астронавтов для работы на МКС.

При этом следует все же подчеркнуть выдающийся вклад франко-советского/российского сотрудничества в историю пилотируемых полетов.

## Заключение

Межгосударственная кооперация в исследованиях крупномасштабных околоземных процессов способствует не только привлечению научных сил многих стран, использованию дорогостоящих технических средств, но и сотрудничеству для сохранения мира на Земле. В 1997–1999 гг. был осуществлен Международный общественный культурный научно-просветительский космический проект «Знамя Мира». Цель проекта: призыв к единению и консолидации творческих сил под Знаменем Мира народов с различными политическими, религиозными, философскими мировоззрениями, обычаями и нравами во благо развития культуры и мира на Земле. В этом проекте приняли участие 18 российских космонавтов и 20 иностранных астронавтов. Всего 38 представителей планеты Земля работали в космосе под Знаменем Мира.

В 1999 году в связи с консервацией работ на ОС «Мир» полотнище Знамени Мира было возвращено на Землю экипажем космического корабля «Союз-29» в составе: командир 27-й основной экспедиции В.М. Афанасьев, бортинженер С.В. Авдеев (Россия), бортинженер-2 Ж.-П. Энъере (Франция) [10].

Международное сотрудничество в изучении космоса самым непосредственным образом связано с внешней политикой государств и зависит от общего состояния политических отношений между ними.

Но очень важно, что на результаты совместных работ огромную роль оказывают научная общественность, фонды культуры и общество в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Освоение космического пространства в СССР. Официальные сообщения ТАСС и материалы центральной печати. 1957–1967. – М.: «Наука», 1971.
- [2] Франсуа Пуо бывший посол Франции, геополитик, историк международных отношений 1957–1992, автор книги «Понятие разрядки Де Голля», 1964–1968; Мари Пьер Рэ д.и.н., профессор в Сорбонне, специалист по истории русско-французских отношений, автор книги «Желание сближения», 1964–1974. (*La tentation du rapprochement, France et URSS à l'heure de la détente, 1964–1974, Paris, Publications de la Sorbonne, 1991, 355 p.*)
- [3] Слова Де Голля, процитированные его Министром по вопросам научных исследований Алэном Перфитом в 1966 году в статье «Записки» («C'était De Gaulle»), 1994.

- [4] Электронный ресурс: Петрунин С.В. Советско-французское сотрудничество в космосе: <http://www.e-reading.by/bookreader.php/127335/html> (12.10.2013).
- [5] Франко-советское совместное коммюнике в результате официального визита Жискара д'Эстена в Советский Союз, Москва, 28 апреля 1979.
- [6] Пилотируемый международный полет СССР–Франция. Информация для прессы. – М.: Изд-во Агентство печати «Новости», 1982. – С. 128.
- [7] Rex D. Hall, David D. Shayler, Bert Vis, Russia's Cosmonauts, ed. Springer P. 222.
- [8] Rex D. Hall, David D. Shayler, Bert Vis, Russia's Cosmonauts, ed. Springer P. 220.
- [9] Электронный ресурс: Интервью Волкова О.Н. заместителя руководителя проекта «Великое начало с Табаковой Т.С», участникам всех проектов полетов французских космонавтов на орбитальные пилотируемые станции «Салют-7», «Мир», «МКС» // 35 лет международным пилотируемым полетам к орбитальным космическим станциям <http://gagarin.energia.ru> (06.11.2013).
- [10] «Знамя Мира» в космосе». Общественный инновационный культурно-просветительский проект – отделение в г. Сочи Международной общественной организации. – Лига защиты Культуры, 2013. Рукопись.

## 60 ЛЕТ И.Г. СОХИНУ

### I.G. Sokhin 60-Year Anniversary



9 сентября 2014 года заместителю начальника 5 управления ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» Сохину Игорю Георгиевичу исполнилось 60 лет.

Родился Игорь Георгиевич в городе Санкт-Петербурге. В 1971 году поступил в Рижское высшее военное авиационное инженерное училище им. Я. Алксниса. После выпуска в 1976 году служил в Вооруженных силах Советского Союза и Российской Федерации на различных должностях, пройдя путь от лейтенанта до полковника.

Игорь Георгиевич зарекомендовал себя как квалифицированный специалист, заслуженно пользующийся большим авторитетом среди космонавтов, коллег и сотрудников смежных организаций.

Высокая работоспособность, качественное выполнение своих служебных обязанностей, производственная этика и способность к творчеству позволяют ему находить оптимальные решения поставленных задач.

В настоящее время И.Г. Сохин организывает подготовку космонавтов к выполнению программы научно-прикладных исследований и экспериментов, проведение НИОКР в Центре. Регулярно выступает с докладами на международных и российских научных конференциях и чтениях.

Игорь Георгиевич – кандидат технических наук, доцент, автор более 150 научных трудов по космической тематике. Защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по проблемам совершенствования

тренажерной подготовки космонавтов. За заслуги перед Отечеством награжден семью медалями СССР и РФ.

Уважаемый Игорь Георгиевич, руководство и сотрудники Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина сердечно поздравляют Вас с юбилеем и желают крепкого здоровья, благополучия, счастья и сил для новых свершений на благо Центра и отечественной пилотируемой космонавтики!

## 85 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.Г. НИКОЛАЕВА

### A.G. Nikolaev 85-Year Anniversary



А.Г. Николаев

5 сентября 2014 года – знаменательный день в истории пилотируемой космонавтики – 85 лет со дня рождения Андрияна Григорьевича Николаева, дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР, Почетного гражданина Чувашской Республики.

Андриян Григорьевич Николаев был дублером Германа Титова при полете корабля «Восток-2». В своей книге «Семнадцать космических зорь» Герман Титов писал: «Одна из черт, совершенно необходимых космонавту, - хладнокровие и спокойствие в любых возможных ситуациях сложного космического полета. Все ребята старались воспитать в себе это качество, но олицетворением этой черты космонавта, мне кажется, является натура моего дублера».

Главный конструктор определил А.Г. Николаева командиром группового полета кораблей «Восток-3» и «Восток-4»: «Будете в космосе демонстрировать перед всем миром дружбу народов СССР».

Перед полетом корабля «Восток-3» С.П. Королев, давая оценку Андрияну Николаеву, сказал: «Спокойствие и выдержка - это его первый девиз. Он отличный летчик, замечательно знает технику».

Первые космические полеты Ю.А. Гагарина и Г.С. Титова показали, что человек может жить и работать в космосе. Они позволили сделать важный шаг на пути освоения космоса – осуществить в августе 1962 года длительный групповой полет советских космонавтов А.Г. Николаева (94 ч 22 мин) и П.Р. Поповича (70 ч 51 мин) на кораблях «Восток-3» и «Восток-4». В этом полете каждый из космонавтов впервые отстегнул привязные ремни, покинул кресло и проверил возможность ориентироваться и экспериментировать в условиях невесомости в течение трех с лишним часов.

Полет корабля «Восток-4» прекратили раньше запланированного срока, так как в отсеке начала падать температура. Космонавты благополучно приземлились



А.Г. Николаев в кабине тренажера  
космического корабля «Восток»

П.Р. Попович и А.Г. Николаев



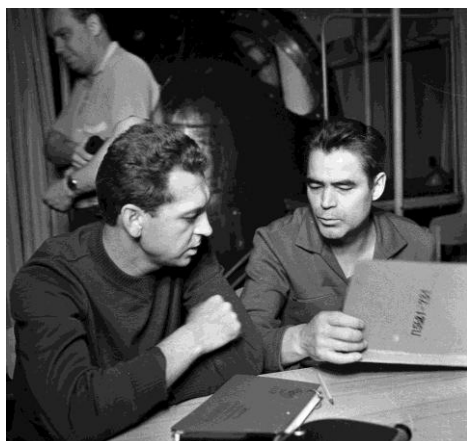
С.П. Королёв среди космонавтов первого отряда. А.Г. Николаев – первый слева

практически одновременно южнее Караганды. Групповой полет имел большое значение для развития пилотируемой космонавтики. Минимальное расстояние между кораблями в полете составило 6,5 км. Достигнутая точность выведения говорила о совершенстве корабля, ракеты-носителя и всего стартового комплекса. Открылись широкие перспективы для отработки операций встречи на орбите.

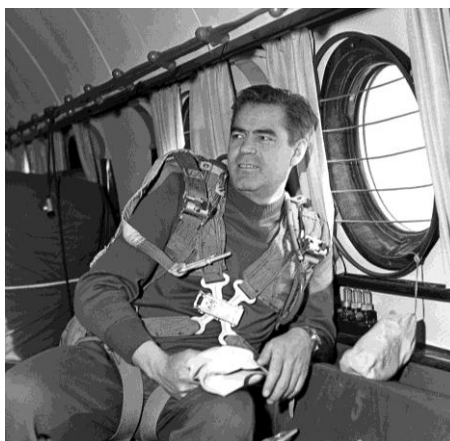
После полета А.Г. Николаев продолжил подготовку в отряде космонавтов, с 1963 по 1968 год являлся командиром отряда космонавтов. Без отрыва от основной работы в 1968 году закончил Военно-воздушную инженерную академию имени профессора Н.Е. Жуковского. В 1975 году ему присвоена ученая степень кандидат технических наук, а в 1981 году стал лауреатом Государственной премии СССР.

Андрей Григорьевич проходил подготовку к полету по «лунной» программе, являлся командиром одного из экипажей. После закрытия советской «лунной» программы готовился к полетам на кораблях типа «Союз». Являлся командиром дублирующего экипажа при полете космического корабля «Союз-8».





В.И. Севастьянов и А.Г. Николаев  
во время подготовки к космическому полету



Андрян Николаев  
на парашютной подготовке

С 1 по 19 июня 1970 года вместе с космонавтом В.И. Севастьяновым совершил свой второй космический полет в качестве командира корабля «Союз-9».

Полет продолжался 17 суток 16 часов 59 минут. В то время это был самый длительный космический полет.

Андрян Григорьевич, вспоминая о своих полетах, отметил: «Каждый космонавт переживает свой полет трижды: когда готовится к нему, когда совершает сам полет и, наконец, на Земле, когда подводится итог».

В 1974 году А.Г. Николаев был назначен первым заместителем начальника ЦПК им. Ю.А. Гагарина и находился на этой должности по август 1992 года.



Первый заместитель начальника ЦПК им. Ю.А. Гагарина А.Г. Николаев  
беседует с космонавтами В.В. Лебедевым и П.И. Климуком перед тренировкой

Умер Андриян Григорьевич Николаев 3 июля 2004 года, когда ему было почти 75. Он похоронен на территории Музея космонавтики в родном селе Шоршелы в Чувашии.

На торжества в село Шоршелы по случаю 85-летия со дня рождения прибыли друзья, соратники и близкие родственники Андрияна Григорьевича Николаева. Среди них - дочь Елена Николаева-Терешкова с сыном Андреем, дважды Герои Советского Союза, летчики-космонавты СССР Алексей Леонов и Петр Климук, Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Анатолий Соловьев, Герои России, летчики-космонавты РФ Олег Новицкий и Юрий Батулин, а также руководитель аппарата Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина В.И. Плакида и др.



На торжествах по случаю 85-летия со дня рождения А.Г. Николаева

*В.В. Самарин, кандидат технических наук*

## **50 ЛЕТ ПОЛЕТУ КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ «ВОСХОД»**

### **The Voskhod space flight 50-Year Anniversary**

Пятьдесят лет назад, 12 октября 1964 года на орбиту впервые отправился многоместный космический корабль «Восход-1». Сегодня сложно представить одиночные полеты в космосе. На международную космическую станцию (МКС) летают только экипажем.

В этом полете все было первым. Первый экипаж. Первые гражданские космонавты. Инженер королевского КБ – Константин Феоктистов. Он же – один из конструкторов космических кораблей, который лично испытал свое «детище». Первый врач – Борис Егоров. Командир – Владимир Комаров, военный летчик с инженерным академическим образованием.

Это был очередной рекорд на опережение. В апреле 1964 года за океаном опробовали двухместный корабль «Джемини», правда, запуск был беспилотным. Вскоре планировались полеты и астронавтов.



В наших конструкторских бюро уже работали над «Союзами». Однако шансы полететь на принципиально новом корабле раньше американцев были невелики. Решили на базе одноместного «Востока» сделать многоместный «Восход» для трех человек.

В капсулу, предназначенную для полета одного космонавта, установили три кресла. Места в корабле было настолько мало, что даже отказались от полетных скафандров. При разгерметизации это означало бы верную смерть.

Полет первого экипажа был крайне рискованным. Как отмечали современники, принципиально новый способ посадки – приземление спускаемой капсулы на парашюте – до конца не был испытан. Однако и катапультироваться, как на первых «Востоках», тоже не было возможности – мало места.

«На корабле «Восток» располагалось катапультное кресло достаточно больших размеров, которое занимало большой объем спускаемого аппарата. Отказавшись от катапультного кресла, перешли к креслу «Казбек» с индивидуальным ложементом. Это позволило размещать до трех человек внутри аппарата», – вспоминает главный специалист НПП «Звезда» Геннадий Глазов.

Полет длился 24 часа 17 минут. Через несколько дней космонавтов уже встречали в Кремле. Им рукоплескала вся страна. Пальма первенства вновь досталась Советскому Союзу.



Круглая дата в истории космонавтики завершила Всемирную неделю космоса, которая по решению ООН отмечается в первых числах октября. А началась она встречей главы Роскосмоса с экипажем, который недавно вернулся на Землю с Международной космической станции.

«Россия – великая космическая держава. У нас прекрасное прошлое, на фундаменте которого мы стоим. У нас интересное настоящее и будущее. Сейчас мы формируем большую программу. В ней мы будем опираться на все сферы, которые способствуют данной работе», – сказал руководитель Федерального космического агентства Олег Остапенко.

Сегодня на Международной космической станции на высоте триста с лишним километров живут шесть космонавтов из разных государств. Вместе работают, отдыхают. Одним словом – экипаж. Орбитальная командировка Александра Скворцова и Олега Артемьева длилась полгода. Они стартовали в марте 2014 года, приземлились в сентябре. За земными событиями следили из космоса.

«Есть хорошее английское слово «crewman» – экипаж. Находясь на станции, мы все – экипаж. У нас там конфликтов не возникало, хотя новости к нам приходили. Но все относились с пониманием, что космос все-таки должен быть вне политики, это та сфера деятельности, которая созидает», – вспоминает летчик-космонавт РФ, Герой России Александр Скворцов.

Из иллюминатора МКС государственных границ не видно. Есть только границы, которые создала природа: горы и океаны. Да и на станции границы стираются тоже. Есть только единый экипаж, у которого даже язык свой: смесь русского и английского – «фрунглиш».

*Источник: Телестудия Роскосмоса*

## 70 ЛЕТ В.И. ВАСИЛЬЕВУ

### V.I. Vasilyev 70-Year Anniversary

28 ноября 2014 года начальнику 1 отделения 54 отдела 5 управления федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» Валерию Ивановичу Васильеву исполнилось 70 лет!

В.И. Васильев родился в г. Боготол Красноярского края. После окончания с отличием в 1966 году Ачинского военного авиационно-технического училища, проходил службу на разных должностях в войсковых частях.

В 1974 году закончил с отличием Военно-воздушную инженерную академию им. профессора Н.Е. Жуковского. По окончании академии был назначен на должность старшего инженера-испытателя 10 отдела 1 управления 1 НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Будучи инструктором-методистом комплексной подготовки по транспортному кораблю, а затем по станции, подготовил ряд экипажей, в том



числе основной экипаж первого пилотируемого полета нового космического корабля «Союз-Т».

В.И. Васильев является одним из создателей школы комплексной подготовки космонавтов по кораблю «Союз-Т» и ОК «Мир».

Высокий профессионализм, творческая инициатива и прекрасные организаторские способности вывели его в число ведущих специалистов ЦПК. В 1989 году, в связи с возросшим количеством космических экспериментов, проводимых на орбитальном комплексе «Мир», в ЦПК им. Ю.А. Гагарина был создан отдел по подготовке космонавтов к выполнению научных исследований и экспериментов, начальником которого был назначен В.И. Васильев. После увольнения в запас в 1995 году Валерий Иванович остался в ЦПК и продолжил плодотворно работать в данном направлении подготовки космонавтов.

В настоящее время Васильев В.И. – начальник отделения, выполняющего подготовку космонавтов по направлению «Исследование Земли и космоса». Именно благодаря его инициативам и активной жизненной позиции руководимое им отделение успешно развивается: расширяется учебно-лабораторная и учебно-методическая базы, создан и введен в эксплуатацию стенд «Тренажер ВИН», разработаны методические основы организации подготовки космонавтов и организована системная подготовка космонавтов на всех этапах.

В рамках сотрудничества ЦПК имени Ю.А. Гагарина с Международным центром обучающих систем под непосредственным руководством В.И. Васильева за период с 1993 по 1997 гг. прошли обучение 4 группы специалистов в области охраны окружающей среды из Оренбургской, Пермской, Тюменской областей, г. Ярославля и Министерства обороны РФ, в составе которых прошли подготовку 5 космонавтов, выполнивших в дальнейшем космические полеты; проведены два Всероссийских семинара по проблемам экологии в регионах РФ. С 1999 года он является руководителем и координатором ежегодной международной олимпиады научно-исследовательских и учебно-исследовательских проектов детей и молодежи по проблемам защиты окружающей среды «Человек–Земля–Космос» (олимпиада «Созвездие»).

За время своей службы В.И. Васильев награжден восьмью медалями СССР и РФ.

Уважаемый Валерий Иванович, руководство и сотрудники Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина сердечно поздравляют Вас с юбилеем и желают крепкого здоровья, благополучия, счастья и сил для новых свершений!

## НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

### SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION

#### ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ДМИТРИЙ РОГОЗИН ПОСЕТИЛ ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

##### Deputy Prime Minister of the Russian Federation Government Dmitry Rogozin Visited the Cosmonaut Training Center

23 сентября 2014 года в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина состоялась рабочая встреча заместителя председателя правительства Российской Федерации Д.О. Рогозина с руководителем Федерального космического агентства О.Н. Остапенко, начальником Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина Ю.В. Лончаковым, главами предприятий космической отрасли и смежных организаций.

Во время своего пребывания в ЦПК Дмитрий Олегович Рогозин встретился с летчиками-космонавтами СССР Героем Советского Союза Валентиной Владимировной Терешковой и дважды Героем Советского Союза Петром Ильичом Климучком.



Начальник Центра Юрий Валентинович Лончаков познакомил участников делегации, возглавляемой вице-премьером, с тренажной базой Центра и ходом подготовки космонавтов к полетам. Первым объектом для посещения стал зал тренажеров транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-М». Гости увидели, как Герои Российской Федерации, летчики-космонавты РФ Анатолий Иванович и Евгений Тарелкин отрабатывали режим сближения, причаливания и стыковки ТПК «Союз ТМА-М» с МКС. Тренировку обеспечивала бригада инструкторов и инженеров ЦПК имени Ю.А. Гагарина.



Затем делегация направилась в зал тренажеров станции «Мир», на базе которых в 2012 году был открыт Космоцентр. Здесь Д. Рогозин побывал в тренажере базового блока станции. Герой России летчик-космонавт РФ Сергей Залетин рассказал вице-премьеру о станции «Мир» и работе на ее борту. Далее Д. Рогозин наблюдал за «полетом» инструктора Космоцентра на авиатренажере.

В зале станции «Мир» расположен уникальный тренажер «Выход-2», предназначенный для работы со скафандром «Орлан-МК» и управления комплексом средств шлюзования при выполнении внекорабельной деятельности. Представители космической отрасли увидели работу инструктора Центра в скафандре «Орлан-МК».

Далее делегация побывала в зале тренажеров российского сегмента Международной космической станции, где шла тренировка Героя Российской Федерации летчика-космонавта РФ, командира экипажа «Союз ТМА-15М» Антона Шкапелера. Кроме того, Дмитрий Рогозин и Олег Остапенко встретились с командиром и бортинженером ТПК «Союз ТМА-12М» Александром Скворцовым и Олегом Артемьевым, которые завершили свою работу в составе 39/40-й длительной экспедиции на МКС две недели назад.

Еще одна тренировка, которую увидели участники делегации, проходила в гидролаборатории. Инженеры и водолазы ЦПК выполняли погружение и отрабатывали ряд типовых операций внекорабельной деятельности под руководством бригады инструкторов и врачей.



В завершение знакомства с тренажной базой Центра гости посетили центрифугу ЦФ-18.

В конце рабочей встречи состоялось совещание Д.О. Рогозина, О.Н. Остапенко, Ю.В. Лончакова и глав предприятий космической отрасли, на котором обсуждались темы дальнейшего развития МКС, разработки новых космических аппаратов и средств выведения, освоения Луны, исследований дальнего космоса, перспективы российской космической отрасли в целом.

*Пресс-служба ЦПК, фото ЦПК*

**ПЕРВАЯ СОВМЕСТНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ПОЛЕТЫ В КОСМОС. ИСТОРИЯ, ЛЮДИ, ТЕХНИКА»**  
8–9 октября 2014 года, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»,  
Звездный городок, Московская область

**The First Joint Scientific and Practical Conference  
“Flights Into Space. History, People, Engineering”**  
October 8-9, 2014, State Organization “Gagarin R&T CTC”,  
Star City, Moscow Region

В период с 8 по 9 октября 2014 года на базе федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») была проведена первая научно-практическая конференция «Полеты в космос. История, люди, техника» (далее – конференция), совместно с федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук» (ИИЕТ РАН) и Российской академией космонавтики имени К.Э. Циолковского (РАКЦ).

Целью конференции было обсуждение исторических аспектов исследований и практических результатов в области создания и применения пилотируемых космических аппаратов, подготовки и профессиональной деятельности космонавтов.

Организаторами выступили ФГБУН «ИИЕТ РАН» и ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

В программе конференции было предусмотрено проведение пленарного заседания, круглого стола по теме «Космонавтика. Историческая память» и работа двух секций.

Секции 1. Полеты в космос. События и люди.

Секции 2. Исторические аспекты развития космической науки и техники.

На открытии конференции с приветственными словами к участникам и пожеланиями плодотворной работы и научных успехов обратились заместитель начальника Центра подготовки космонавтов М.М. Харламов, директор института ИИЕТ РАН Ю.М. Батулин, космонавты А.А. Леонов, В.М. Афанасьев, Б.В. Волынов и др.

Вниманию участников на пленарном заседании были представлены доклады по следующим темам:

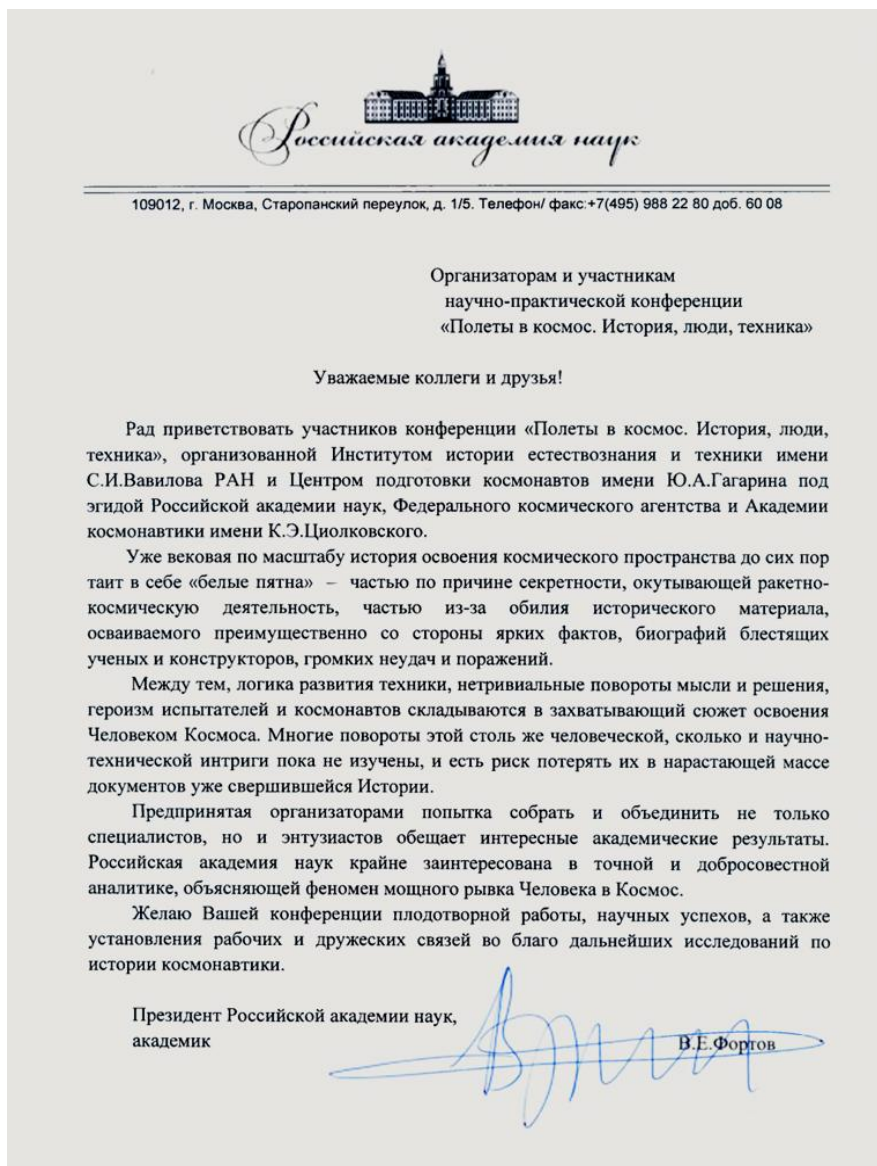
– «Золотые страницы космонавтики» (М.Я. Маров, академик РАН);

– «История проектирования корабля «Восток» и программа первого полета человека в космос» (В.Д. Благов и В.Е. Любинский, специалисты ОАО «РКК «Энергия»);

– «Вспоминаем пройденный путь в космическом тренажеростроении» (В.Е. Шукшунов, генеральный директор Центра тренажеростроения и подготовки персонала).

В проведении круглого стола по теме «Космонавтика. Историческая память» приняли участие: Ю.М. Батулин – директор института ИИЕТ РАН; Б.И. Крючков – заместитель начальника ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (по научной работе); космонавт-испытатель С.В. Кричевский; инструктор-космонавт-испытатель А.А. Мисуркин и др.





Общее количество представленных и опубликованных в сборнике материалов научно-практической конференции «Полеты в космос. История, люди, техника» тезисов – 81.

Всего в конференции приняли участие более 130 специалистов из 27 организаций и предприятий ракетно-космической и авиационной отраслей промышленности. Количество докладов, заслушанных на конференции, составило 41 доклад.

В качестве дополнительных мероприятий участники и гости конференции ознакомились с уникальной тренажной базой Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

## **УЧАСТИЕ СОТРУДНИКОВ ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ В РАБОТЕ ШЕСТОГО БЕЛОРУССКОГО КОСМИЧЕСКОГО КОНГРЕССА**

### **Participation of the Cosmonaut Training Center's People in the Sixth Byelorussian Space Congress**

28–30 октября 2014 года в Минске в Объединенном институте проблем информатики Национальной академии наук Беларуси прошел Шестой Белорусский космический конгресс. В его работе приняли участие специалисты из России, Беларуси, Украины, Казахстана, Азербайджана и других стран, которые сотрудничают в областях, связанных с космической тематикой.

Целями конгресса являлись:

- обсуждение новых достижений в космической области, определение приоритетных направлений развития космической деятельности;
- укрепление международного сотрудничества в области космических исследований и использования космического пространства в мирных целях;
- расширение совместных усилий деловых кругов, фирм, компаний, ученых и специалистов, направленных на выполнение космических программ, анализ хода их реализации и выбор перспективных направлений дальнейших исследований;
- развитие партнерства правительственных и общественных организаций, предприятий и организаций разных форм собственности по использованию космических средств и технологий в интересах различных отраслей экономики.

На конгрессе были представлены 6 пленарных и 145 докладов на 7 секциях.

С российской стороны с пленарными докладами выступили: начальник Управления стратегического планирования и целевых программ Роскосмоса Ю.Н. Макаров и космонавт-испытатель Роскосмоса, Герой РФ О.В. Новицкий. С секционными докладами на конгрессе выступили сотрудники Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина О.С. Гордиенко и А.В. Кальмин. В качестве почетных гостей конгресса присутствовали: летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза П.И. Климук, летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза В.В. Коваленок и руководитель аппарата Центра подготовки космонавтов В.И. Плакида.

В работе конгресса был запланирован и проведен круглый стол – «Приоритетные направления развития космической деятельности в Беларуси на основе партнерства и сотрудничества предприятий и организаций России, Беларуси, Украины и Казахстана», с участием летчиков-космонавтов СССР и России, а также ведущих специалистов космической отрасли.

## **IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

### **IV International Scientific School for Young Scientists**

С 17 по 20 ноября 2014 года в ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» совместно с ФГБУН «Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова Российской академии наук» была проведена IV Международная научная школа молодых ученых. Основной целью проведения школы являлась активизация научной

деятельности молодых ученых, формирование способностей к самостоятельной научной работе, обмен опытом в проведении исследований, ознакомление с новейшими достижениями в сферах пилотируемой космонавтики и истории науки и техники.

В работе школы приняли участие около 70 молодых специалистов из ФГБУН «Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова Российской академии наук», ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», Беларуси и Украины.

Авторитетными преподавателями и учеными с молодыми специалистами были проведены занятия по тематике пилотируемой космонавтики, истории науки и техники, развитию творческого мышления и другие. Участники школы представили свои научные проекты по следующим направлениям: техника и технологии, медицина, педагогика, история. Были организованы встречи с космонавтами отряда Роскосмоса, проведены экскурсии по технической базе ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» и Музею космонавтики, а также занятия в Космоцентре.

В заключительный день работы школы был проведен круглый стол на тему «Философия неожиданных взлетов».

По итогам работы школы наиболее активные ее участники были награждены почетными грамотами ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» и благодарственными письмами ФГБУН «Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова Российской академии наук».

## **О РАЗРАБОТКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ**

### **On the Development of Professional Standards**

В рамках реализации Распоряжения Правительства Российской Федерации от 31.03.2014 г. № 487-р ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» 22 и 23 октября 2014 г. заключил с ФГБУ «Научно-исследовательский институт труда и социального страхования» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации контракты на разработку и приступил к созданию следующих профессиональных стандартов:

– «Специалист по подготовке космонавтов» (по видам профессиональной деятельности – подготовка космонавтов к внекорабельной деятельности в гидросреде, подготовка космонавтов в условиях невесомости на самолетах-лабораториях, специальная парашютная подготовка, подготовка к действиям после посадки в различных климатогеографических зонах);

– «Специалист по техническим средствам подготовки космонавтов» (по видам профессиональной деятельности – создание, модернизация, испытания и эксплуатация технических средств подготовки космонавтов);

– «Космонавт-испытатель».

## 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 – подрисуночную 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**

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

Научный редактор *Л.К. Васильева*  
Редактор *С.Г. Токарева*  
Технический редактор *Н.В. Волкова*  
Корректор *Т.И. Лысенко*  
Перевод *С.Б. Беляковская*

Подписано в печать 03.12.14.  
Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.  
Усл. печ. л. 11,9. Тираж 120 экз. Зак. 563-14.

Отпечатано в типографии редакционно-издательского отдела  
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»