

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

С.К. Крикалёв

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**

Б.И. Крючков –
заместитель
главного редактора,

А.В. Кальмин –
ответственный секретарь,

Ю.М. Батурич,

М.Н. Бурдаев,

Л.К. Васильева,

С.П. Власенков,

Н.В. Волкова,

О.С. Гордиенко,

П.П. Долгов,

В.М. Жуков,

С.А. Жуков,

С.В. Игнатьев,

О.В. Котов,

А.А. Курицын,

Г.Д. Орешкин,

В.И. Почуев,

В.Н. Саев,

И.Г. Сохин,

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-32/33 при выполнении программы космического полета. *Ю.И. Маленченко* 4

Медицинское обеспечение полета экипажа МКС-32/33 (экспресс-анализ). *В.В. Богомолов, В.И. Почуев*..... 14

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС 23

Визуально-инструментальные наблюдения с борта Международной космической станции экипажами российского сегмента и основные принципы подготовки к их выполнению. *В.И. Васильев, И.Г. Сохин, С.В. Бронников, Н.В. Васильева, О.С. Гордиенко* 23

Влияние параметров обзора поверхности Земли на возможность проведения мониторинга наземных объектов в пилотируемом космическом полете. *Г.Д. Орешкин, Э.Н. Степанов, А.А. Митина, А.Т. Митин*..... 30

Анализ особенностей марсианской экспедиции и разработка предложений по обеспечению безопасности экипажа при выполнении миссий к Марсу. *В.И. Ярополов* 43

Моделирование внекорабельной деятельности экипажа первой десантной экспедиции на поверхности Марса. *О.С. Цыганков* 72

Технологии виртуальной реальности в имитационно-тренажерных комплексах подготовки космонавтов. <i>М.В. Михайлюк, В.И. Брагин</i>	82
Современное состояние и перспективы развития многостороннего хранилища медицинских данных по Международной космической станции. <i>В.И. Почуев, Л.М. Симаева, Р.Р. Каспранский</i>	94
ОБЗОРЫ.....	105
Технология беспроводного энергоснабжения микроспутников. <i>В.В. Капранов, О.В. Заяц, Т.А. Никитина</i>	105
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ.....	108
Мифы о полетах нацистов в космос. <i>Б.И. Крючков, Г.С. Крючкова, Т.И. Берёзина</i>	108
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ.....	120
50 лет групповому полету В.Ф. Быковского и В.В. Терешковой.....	120
60 лет Н.М. Бударину.....	121
65 лет А.А. Волкову.....	122
75 лет В.М. Жукову.....	123
Научно-практический семинар «Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики».....	124
Молодежная конференция «Новые материалы и технологии в ракетно-космической и авиационной технике».....	125
VIII Международная конференция «Психология и эргономика: единство теории и практики».....	126
10 Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос».....	127
Информация для авторов и читателей.....	129

На снимках (стр. 70–71) – гидролаборатория и центрифуга Центра подготовки космонавтов

CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS	4
Main Results of the ISS-32/33 Crew’s Training and Activity During the Space Flight Program Implementation. <i>Yu.I. Malenchenko</i>	4
Express Analysis of Medical Support of the ISS – 32/33 Crew Members. <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev</i>	14
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS	23
Visual Instrumental Observations of the Earth by Crews of the ISS RS and Main Principles of Training for Performing Them. <i>V.I. Vasilyev, I.G. Sokhin, S.V. Bronnikov, N.V. Vasilyeva, O.S. Gordienko</i>	23
Influence of Observation Parameters of the Earth’s Surface on the Feasibility of Monitoring Ground-Based Objects During Manned Spaceflight. <i>G.D. Oreshkin, E.N. Stepanov, A.A. Mitina, A.T. Mitin</i>	30
Analysis of Features of Martian Expedition and Development of Proposals for Ensuring Crew Safety During Missions to Mars. <i>V.I. Yaropolov</i>	43
Simulation of Eva of the First Landing Crew on the Martian Surface. <i>O.S. Tsygankov</i>	72
Application of Virtual Reality Technologies in Simulation Complexes for Cosmonaut Training. <i>M.V. Mikhaylyuk, V.I. Bragin</i>	82
The Current Status and Development Prospects of the ISS’s Multilateral Medical Repository. <i>V.I. Pochuev, L.M. Simaeva, R.R. Kaspransky</i>	94
OVERVIEWS	105
Technology of Wireless Powering for Micro-Satellites. <i>V.V. Kapranov, O.V. Zayats, T.A. Nikitina</i>	105
HISTORY. EVENTS. PEOPLE	108
Myths About the Nazis’ Flights to Space. <i>B.I. Kryuchkov, G.S. Kryuchkova, T.I. Beryozina</i>	108
SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION	120
50-Year Anniversary of the Group Spaceflight of V.F. Bykovsky and V.V. Tereshkova	120
N.M. Budarin 60-Year Anniversary	121
A.A. Volkov 65-Year Anniversary	122
V.M. Zhukov 75-Year Anniversary	123
Scientific and Practical Seminar “Topical Problems of Labour Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics”	124
Youth Conference “New Materials and Technologies in Rocket-and-Space and Aviation Industry”	125
VIII International Conference “Psychology and Ergonomics: The Unity of Theory and Practice”	126
10th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Missions”	127
Information for Authors and Readers	129
Photos on pp. 70–71 – Hydro Laboratory and Centrifuge at the Cosmonaut Training Center	

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-32/33 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА Ю.И. Маленченко

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

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-32/33 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА-05М» 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-32/33 Crew's Training and Activity During the Space Flight Program Implementation. Yu.I. Malenchenko

The paper deals with the results of the ISS-32/33 crew's activity aboard the ISS and the "Soyuz-TMA-05M" transport vehicle. The author provides a comparative analysis and evaluates the crew's contribution to the common ISS flight program. Particular attention is paid to implementation of science-applied research and experiments aboard the station. Comments and suggestions for the development of the ISS Russian Segment are also given.

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

Состав экипажа и основные результаты полета

Основной экипаж длительных экспедиций МКС-32/33 в составе (рис. 1):

Маленченко Юрий Иванович	командир ТПК «Союз ТМА-05М» бортинженер экспедиции МКС-32/33 (Роскосмос, Россия)
Уильямс Санита Лин	бортинженер ТПК «Союз ТМА-05М» бортинженер МКС-32 командир экспедиции МКС-33 (НАСА, США)
Хошиде Акихико	бортинженер-2 ТПК «Союз ТМА-05М» бортинженер МКС-32/33 (ДжАКСА, Япония)

выполнил космический полет длительностью 126 суток с 15 июля 2012 года по 19 ноября 2012 года. Позывной на ТПК «Союз ТМА-05М» – «Агат».



Рис. 1. Экипаж экспедиций МКС-32/33

Опыт полетов членов экипажа

Маленченко Юрий Иванович в отряде космонавтов с 1987 года. До назначения в экипаж выполнил четыре космических полета в составе экипажей ЭО-16 ОК «Мир», «Атлантис» (STS-106), МКС-7 и МКС-16.

Уильямс Санита Лин в отряде астронавтов НАСА с 1998 года. До назначения в экипаж имела опыт одного космического полета длительностью 194 суток в качестве специалиста полета шаттла «Discovery» STS-116 и бортинженера-2 МКС-14.

Хошиде Акихико в отряде астронавтов ДжАКСА с 1999 года. До назначения в экипаж имел опыт одного космического полета длительностью 13 суток в качестве специалиста полета шаттла «Discovery» STS-124.

Основные итоги полета

В космическом полете выполнены следующие работы:

- доставка экипажа экспедиции МКС-32/33 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 17 июля 2012 года ТПК «Союз ТМА-05М» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу (-Y) модуля МИМ1 ($T_{\text{КАСАНИЯ}} = 07:51:07$ ДМВ);
- расстыковка ТГК «Прогресс М-15М» от стыковочного узла СО1 по программе автономного полета выполнена 22 июля 2012 года (время расстыковки – 23:25:42 ДМВ);
- сближение японского автоматического грузового корабля НТВ-3 с МКС, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к модулю Node2 АС МКС выполнены 27 июля 2012 года (время стыковки – 18:22 ДМВ);

- тестовая стыковка ТГК «Прогресс М-15М» к СО1 с использованием аппаратуры «Курс-НА» осуществлена 29 июля 2012 года (ТМ.З. = 04:00:52);
- научные исследования и эксперименты в соответствии с программой НПИ;
- техническое обслуживание бортовых систем, дооснащение, ремонтно-восстановительные работы, проведение телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-15М» от стыковочного узла СО1 осуществлена 30 июля 2012 года (время расстыковки – 00:19:14 ДМВ);
- стыковка ТГК «Прогресс М-16М» к СО1 выполнена 2 августа 2012 года (ТМ.З. = 04:18:47 ДМВ);
- расстыковка японского автоматического грузового корабля НТВ-3 от МКС проведена 12 сентября 2012 года (время отделения от манипулятора станции – 18:50 ДМВ);
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-04М» от стыковочного узла МИМ2 и спуск выполнены 17 сентября 2012 года. Время расстыковки – 02:06:00 ДМВ, время посадки – 05:52:55 ДМВ;
- расстыковка европейского грузового корабля ATV-3 «Эдоардо Амальди» от АО СМ РС МКС проведена 29 сентября 2012 года (время расстыковки – 00:44 ДМВ);
- сближение американского коммерческого корабля SpaceX-1 «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к модулю Node2 АС МКС осуществлены 10 октября 2012 года (ТМ.З. = 13:56 ДМВ);
- расстыковка американского корабля SpaceX-1 «Dragon» от МКС выполнена 28 октября 2012 года (время расстыковки – 14:17 ДМВ);
- стыковка ТГК «Прогресс М-17М» к АО СМ осуществлена 31 октября 2012 года (ТМ.З. = 16:33 ДМВ).

Во время полета экипажа МКС-32/33 был совершен один выход в открытый космос. Выход по программе ВКД-31 состоялся 20 августа 2012 года продолжительностью 5 ч 51 мин в скафандрах «Орлан-МК». Выход совершили космонавты из состава экспедиции МКС-32: Ю. Маленченко, Г. Падалка.

Возвращение экипажа экспедиций МКС-32 и МКС-33 на Землю, расстыковка ТПК «Союз ТМА-05М» от стыковочного узла МИМ1 и спуск выполнены 19 ноября 2012 года. Время расстыковки – 01:26:06 ДМВ, время посадки – 04:53:30 ДМВ.

Основные задачи подготовки экипажа к полету

Подготовка к полету экипажа МКС-32/33 проводилась с 27 января 2011 года. Программа подготовки была разработана с учетом задач полета, уровня подготовленности и функциональных обязанностей членов экипажа.

Основными задачами подготовки по МКС и ТПК «Союз ТМА-05М» являлись:

- подготовка, направленная на формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз ТМА-05М»;
- 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-05М» на все стыковочные узлы РС МКС;
- отработка навыков выполнения ручного управляемого спуска (РУС);
- отработка навыков построения орбитальной и солнечной ориентации в различных режимах;
- подготовка членов экипажа к действиям в случае срочного покидания МКС при разгерметизации и пожаре;
- отработка действий по выполнению срочного спуска с орбиты в случае покидания МКС;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении расстыковки ТПК с неориентированной и нестабилизированной МКС;
- подготовка экипажа к выполнению сближения и причаливания ТПК «Прогресс-М» на стыковочные узлы РС МКС в телеоператорном режиме управления (ТОРУ);
- подготовка экипажа к приему, передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-31/32 и МКС-33/34;
- 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;
- ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладке снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемых кораблях;
- подготовка российских членов экипажа по задачам внекорабельной деятельности в объеме типовых операций и по программе ВКД-31;
- 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-05М»

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-05М» был произведен 15 июля 2012 года с космодрома Байконур (рис. 2).

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошли штатно, $T_{\text{КП}} = 05:40:03$; $T_{\text{КО}} = 05:48:51$ ДМВ. Параметры орбиты выведения: период $T = 88,82$ мин, наклонение $i = 51,64$ град., высота $h \times H = 201,83$ км \times 260,55 км.



Рис. 2. Старт корабля «Союз ТМА-05М»

Программа работы первых и вторых суток полета была выполнена полностью.

17 июля 2012 года на 32–34 витках полета выполнен режим автоматического сближения и стыковки со станцией к модулю МИМ1. Время формирования признака «Касание» – 07:51:07 ДМВ.

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля, контроль герметичности стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открытие переходных люков. Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы автономного полета ТПК.

18 ноября 2012 года, завершив программу полета на борту МКС, экипаж экспедиции МКС-32/33 приступил к подготовке к возвращению на Землю. На 12-суточном витке выполнена расконсервация корабля. Переход в корабль и закрытие переходных люков выполнено 18 ноября 2012 года в 22:20:00 ДМВ. Подготовка к расстыковке проводилась по штатной программе полета. Проверка герметичности скафандров и люка СА-БО прошла без замечаний.

Расстыковка выполнена в автоматическом режиме с последующим одноимпульсным отводом. Время фактической расстыковки – 01:26:00 ДМВ.

Спуск выполнялся по штатной программе. Двигатель работал штатно, отработал тормозной импульс без замечаний. Разделение отсеков прошло в 04:26:47 ДМВ. Максимальная перегрузка – 3,97 единицы. Посадка осуществлена в расчетной точке с координатами 51°01' с.ш. 67°12' в.д. в 04:53:30 ДМВ.

Взаимодействие с поисково-спасательной службой нормальное, связь с самолетом установлена после раскрытия основного парашюта. Работа по эвакуации экипажа началась непосредственно после приземления.

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-32/33 работал на борту МКС 124 суток с 17 июля 2012 года по 19 ноября 2012 года. Экипаж на российском сегменте МКС выполнил обширный объем работ по техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем МКС, программу научных исследований и экспериментов, провел ремонтно-восстановительные работы, осуществил выход в космос ВКД-31, провел большое число телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок.

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

- ТПК «Союз ТМА-04М»;
- ТПК «Союз ТМА-05М»;
- ТПК «Союз ТМА-06М»;
- ATV-3 «Эдоардо Амальди»;
- ТГК «Прогресс М-15М»;
- НТВ-3;
- ТГК «Прогресс М-16М»;
- SpaceX-1 «Dragon»;
- ТГК «Прогресс М-17М».

В процессе экспедиции экипажем выполнены работы по стыковке, разгрузке, укладке удаляемого оборудования и расстыковке грузовых кораблей.

Совместный полет с другими экипажами МКС

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-31/32, МКС-33/34.

С 17 июля 2012 года по 16 сентября 2012 года – совместный полет с экипажем МКС-31/32 в составе:

- Падалка Геннадий Иванович (бортинженер экспедиции МКС-31, командир экспедиции МКС-32, Роскосмос, Россия);
- Ревин Сергей Николаевич (бортинженер МКС-31/32, Роскосмос, Россия);
- Джозеф Акаба (бортинженер МКС-31/32, НАСА, США).

С 25 октября 2012 года по 19 ноября 2012 года – совместный полет с экипажем МКС-33/34 в составе:

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

Внекорабельная деятельность

Во время полета экспедиции МКС-32/33 был совершен один выход в открытый космос.

Выход в открытый космос ВКД-31 состоялся 20 августа 2012 года продолжительностью 5 ч 51 мин в скафандрах «Орлан-МК» (рис. 3).

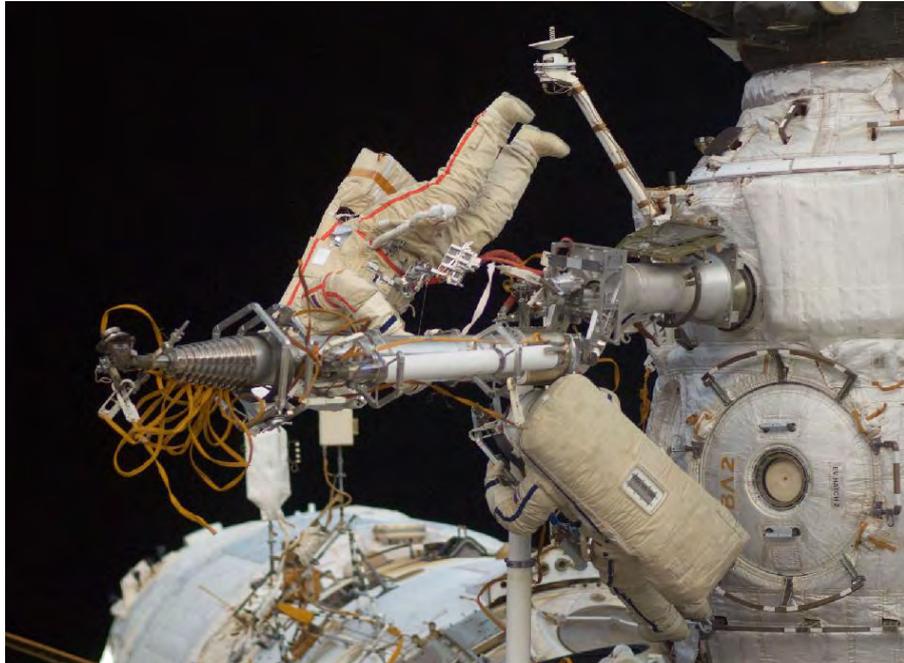


Рис. 3. Выполнение работ по программе ВКД-31

Выход совершили космонавты из состава экспедиции МКС-32 Геннадий Падалка и Юрий Маленченко.

Открытие выходного люка стыковочного отсека «Пирс» проведено 20 августа 2012 года в 18:37 ДМВ, закрытие – в 00:28 ДМВ.

В процессе выхода были выполнены следующие задачи:

- перенос грузовой стрелы ГСтМ2 со стыковочного отсека (СО1) «Пирс» на модуль «Заря»;
- запуск спутника «Сфера»;
- установка дополнительных противометеороидных панелей на рабочем отсеке малого диаметра (РО1) служебного модуля;
- демонтаж контейнера «Биориск–МСН»;
- установка подкосов выносного рабочего места на стыковочный отсек «Пирс».

Основные задачи экипажа при выполнении научной программы

В процессе полета экипажем на борту российского сегмента МКС выполнялись исследования и эксперименты на основании «Программы реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период тридцать второй и тридцать третьей пилотируемых экспедиций МКС-32 и МКС-33».

В ходе полета экипаж выполнял 27 из 34 экспериментов, проводимых в это время на МКС. Остальные эксперименты выполнялись в автоматическом режиме. Структура российской научной программы МКС-32/33 представлена в таблице.

Распределение выполненных научно-прикладных исследований и экспериментов на борту МКС-32/33 по направлениям представлено на диаграмме 1.

Структура российской научной программы МКС-32/33

№ п/п	Направления исследований	Сокр.	Всего	С участием экипажа
1	Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса	ФХП	1	1
2	Геофизические исследования	ГФИ	5	2
3	Медико-биологические исследования	МБИ	8	8
4	Дистанционное зондирование Земли	ДЗЗ	2	2
5	Исследование Солнечной системы	ИСС	1	0
6	Космическая биотехнология	БТХ	3	3
7	Технические исследования и эксперименты	ТЕХ	9	6
8	Астрофизика и фундаментальные физические проблемы	АФ	0	0
9	Исследование физических условий в космическом пространстве на орбите МКС	ФИЗ	1	1
10	Образование и популяризация космических исследований	ОБР	4	4
Всего:			34	27

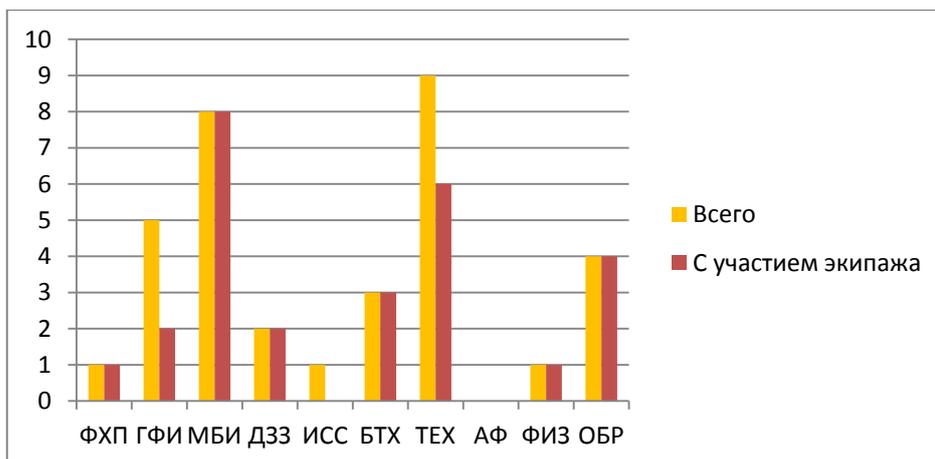


Диаграмма 1. Распределение космических экспериментов в полете МКС-32/33 по направлениям исследований

Наибольшее количество экспериментов было проведено по направлениям «Космическая биотехнология», «Медико-биологические исследования», «Геофизика» и «Технические исследования и эксперименты» (рис. 4).

Большое внимание при выполнении полета уделялось отработке наземно-космической системы прогнозирования, снижения ущерба и ликвидации последствий природных и техногенных катастроф. В процессе полета экипаж проводил



Рис. 4. Юрий Маленченко во время проведения эксперимента МБИ-24 «Спут-2»

многократную детальную съемку различных характерных объектов геосферы, что позволит ученым прогнозировать аномальные природные и техногенные ситуации в других районах земной поверхности, а также на территории нашей страны. Полученные в полете фотоснимки переданы для дешифрирования и обработки на Землю.

Сравнительный анализ деятельности экипажей МКС по научной программе

Начиная с 7-й экспедиции количество экспериментов, выполняемых на борту МКС, не снижалось ниже 40. Однако во время трех последних полетов наблюдается его уменьшение (диаграмма 2). И это происходит на фоне того, что российская долгосрочная научная программа постоянно расширяется.

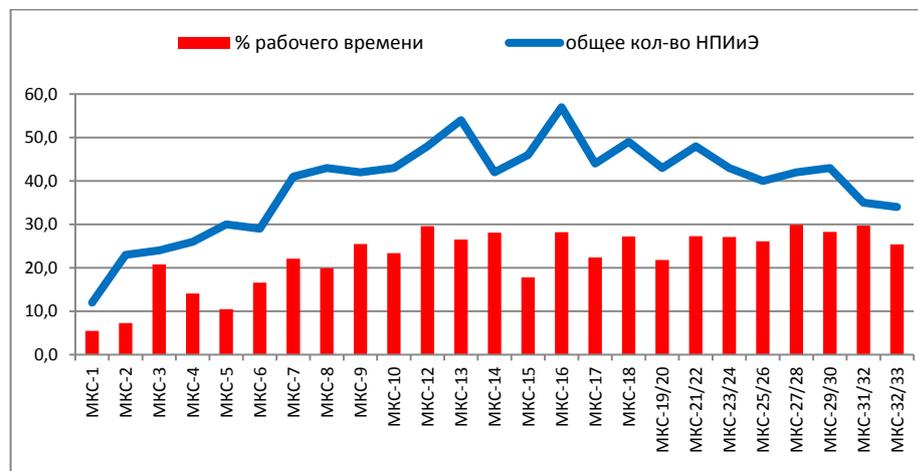


Диаграмма 2. Изменение количества проводимых экспериментов на МКС по российской научной программе

В последних экспедициях процент рабочего времени на проведение экспериментов на МКС приближается к 30 %, причем, большой объем научных исследований космонавты выполняют в личное время, уделяя больше всего внимания экспериментам по дистанционному зондированию Земли.

Заключение

Подводя итоги результатов подготовки и выполнения программы полета экипажа длительной экспедиции МКС-32/33, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Уровень подготовленности экипажа МКС-32/33 по транспортному кораблю «Союз ТМА-05М» и российскому сегменту МКС позволил успешно выполнить запланированную программу космического полета.
2. Полет экипажа МКС-32/33 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами из шести человек, в числе которых 3 космонавта Роскосмоса.
3. Высказанные экипажем в ходе полета и послеполетного разбора замечания и предложения целесообразно использовать заинтересованным организациям для совершенствования космической техники, повышения качества подготовки космонавтов и деятельности экипажа в ходе выполнения программы полета, организации работы персонала ГОГУ и др.

**МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-32/33
(ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)**

В.В. Богомолов, В.И. Почуев

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

В статье рассмотрены материалы и заключения о состоянии здоровья экипажа и представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-32/33. Представлена краткая характеристика системы медицинского обеспечения полета и оценка среды обитания космонавтов. Подведены итоги выполнения рекомендаций медицинских специалистов, программы медицинского контроля и использования бортовых средств профилактики.

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

Express Analysis of Medical Support of the ISS – 32/33 Crew Members.**V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev**

The paper considers materials and medical opinions of crew members' health status and shows the results of medical support of the ISS - 32/33 expedition. It also gives a brief description of medical support system in flight and assessment of human environment aboard the ISS. Besides, the paper sums up the results of implementation of medical recommendations, medical monitoring program, and usage of the preventive measures on board.

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

19 ноября в 05 часов 53 минуты 30 секунд московского времени северо-восточнее города Аркалык (Республика Казахстан) совершил посадку спускаемый аппарат транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА-05М». Посадка прошла в штатном режиме. На Землю вернулся экипаж тридцать третьей длительной экспедиции на Международную космическую станцию в составе командира ТПК космонавта Роскосмоса Юрия Маленченко и бортинженеров Саниты Уилльямс (НАСА) и Акихико Хошиде (ДжАКСА).

После приземления самочувствие экипажа было расценено как соответствующее длительности космического полета, и после проведения штатных мероприятий на месте посадки экипаж был доставлен в Звездный городок для проведения послеполетной реабилитации.

Участники полета провели в космическом пространстве без малого 127 суток. Запуск ТПК «Союз ТМА-05М» с космодрома Байконур состоялся 15 июля 2012 года. Для Юрия Маленченко данный полет стал пятым, для Саниты Уилльямс и Акихико Хошиде – вторым в их космической карьере.

В ходе работы на борту станции российский космонавт и астронавты НАСА и ДжАКСА участвовали в стыковке и расстыковке с МКС транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс М-15М», японского грузового корабля НТВ-3 «Конотори», европейского грузового корабля ATV-3 «Эдоардо Амальди», американского транспортного корабля «Дракон» и стыковке со станцией ТГК «Прогресс М-16М», «Прогресс М-17М» и ТПК «Союз ТМА-06М». Также Юрий Маленченко вместе с командиром МКС-32 Геннадием Падалкой в августе выполнил выход в открытый космос по программе российского сегмента МКС, а их коллеги Санита Уилльямс и Акихико Хошиде три выхода (в августе, сентябре и ноябре) – по программе американского сегмента.

В ходе 33-й длительной экспедиции Юрий Маленченко совместно с другими российскими членами экипажей МКС-32 и МКС-34 участвовал в выполнении около пятидесяти экспериментов по российской программе научно-прикладных исследований и экспериментов.

С точки зрения медицинских операций, полет был вполне благополучным и очень хорошим. И эта оценка относится не только к функционированию экипажа на орбите, но и к работам, связанным с подготовкой этого объекта к запуску. Полет, по современным меркам, был средней продолжительности, но при этом достаточно насыщенный.

Медицинское обеспечение полета планировалось в соответствии с требованиями, вытекающими из состояния здоровья экипажа. Состав планируемых и выполненных мероприятий постоянно рассматривался на еженедельных конференциях в группе медицинского обеспечения полета (ГМО ГОГУ). Здесь необходимо отметить большую роль полетных врачей, которые очень хорошо координировали работу медицинской группы с экипажем.

Программа медицинского контроля и медицинских операций была выполнена полностью. Уровень физической тренированности в ходе полете оценивался как достаточный для выполнения полетной программы и для выполнения ВКД-31, что свидетельствовало о сохранности физиологических резервов в ходе полетов.

Хотелось бы отметить очень благоприятный психологический климат на станции как при работе в составе этого экипажа, так и при совместной работе с предыдущими экипажами.

Российские системы жизнеобеспечения в целом функционировали штатно, сохраняя нормальные условия микроклимата. Однако имеются недостатки, которые отмечались и ранее. Сохраняется неблагоприятная акустическая обстановка на РС МКС. Члены экипажа МКС-32/33 высказывали замечание в отношении шума на станции. Здесь необходимо отметить, что за последние две экспедиции наблюдается тенденция снижения акустических шумов на станции. Хотя они еще не достигают желаемых результатов.

Параметры микроклимата колебались в нормальных пределах допустимых значений за исключением температуры воздуха, когда эпизодически, в некоторых местах на станции, на нескольких витках температура воздуха превышала нормальные величины.

Повышение температуры воздуха в основном отмечалось в периоды «солнечной» орбиты станции. Для снижения температуры воздуха в служебном модуле (СМ) СОТР переводилась в максимальный режим работы: включались в параллельную работу КОХ1 и КОХ2; РРЖ1 и РРЖ2 перенастраивались с 14 °С на 10 °С.

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

Периодически проводились наддувы станции кислородом, азотом и воздухом из ТКК и АТВ3. Но к системам СОЖ, СОГС и СТР экипаж высказывал замечания по их работе. Так, 11.08.2012 г. экипаж доложил о загорании светодиода «консервант некачественный» в АСУ. После выполнения рекомендаций специалистов (11–12.08.2012 г.) работоспособность системы восстановлена.

23.08.2012 г. произошло нештатное отключение БМП; 24.08.2012 г. проведены ремонтно-восстановительные работы, после чего БМП работает штатно.

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

На протяжении всего полета экипаж еженедельно проводил плановую уборку станции. При ежемесячных отборах проб воздуха в СМ пробоотборником ИПД монооксида углерода не определялось; при отборах проб воздуха в СМ 15.09.2012 г. и 16.11.2012 г. пробоотборником ИПД аммиака не обнаружено.

У бортинженера-4 по санитарно-гигиеническому обеспечению полета замечаний не было. Для сна он занимал каюту в СМ по левому борту.

Уровень шума на МКС он оценивал как «очень шумно», и поэтому во время сна использовал индивидуальные беруши. При работе через иллюминатор пользовался солнцезащитными очками.

Результаты акустических измерений

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

Анализ данных шумовой нагрузки на членов экипажей показал, что она значительно превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) за дневной период и у российских космонавтов (на 9,8–21,8 дБА) и американских астронавтов (на 9,9–17,0 дБА).

По сравнению с предыдущим исследованием индивидуальной шумовой нагрузки членов экипажа МКС-31 выявлено ее незначительное понижение за дневной период и более значимое за ночной период.

Проведенные измерения эквивалентного уровня звука в модулях АС МКС показали, что за 15 часов дневного и 9 часов ночного периодов времени они превышают допустимые значения на 2,6–11,1 дБА в модуле NODE 2 и 9,8–13,4 дБА в модуле NODE 3.

В модулях РС МКС измерения эквивалентного уровня шума не проводились.

Для снижения акустической нагрузки экипажу в дневной и ночной периоды времени рекомендовали использовать средства индивидуальной защиты слуха (беруши и наушники с активным шумоподавлением) при работе в местах расположения шумящего оборудования.

Для ночного периода времени рекомендовали закрывать дверь каюты на период сна и использовать средства индивидуальной защиты слуха (беруши или наушники).

Радиационная обстановка в РС МКС

Контроль за радиационной обстановкой во время полета проводился с использованием дозиметра «ПИЛЛЕ-МКС» 26.07.2012 г.

В работе использован комплект дозиметрических датчиков в количестве 11 ед.

По результатам обработки показаний датчиков в виде среднесуточной мощности поглощенной дозы, специалисты давали заключение: все значения мощности поглощенной дозы находятся в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

При проведении ВКД от 28.08.2012 г. траектория МКС проходила по областям, свободным от радиационных поясов Земли и вся доза ионизирующих излучений обусловлена галактическими космическими лучами (ГКЛ). На рис. 1 красным цветом выделена область, где наибольший вклад в поглощенную дозу дают протоны радиационных поясов Земли.

Для оценки поглощенной дозы от излучений ГКЛ практически не имеет значения, находится ли космонавт внутри станции или в скафандре вне станции – различия очень маленькие. Можно отметить, что свыше 90 % поглощенной дозы в датчиках, размещенных в скафандрах, набирается за время их нахождения внутри станции.

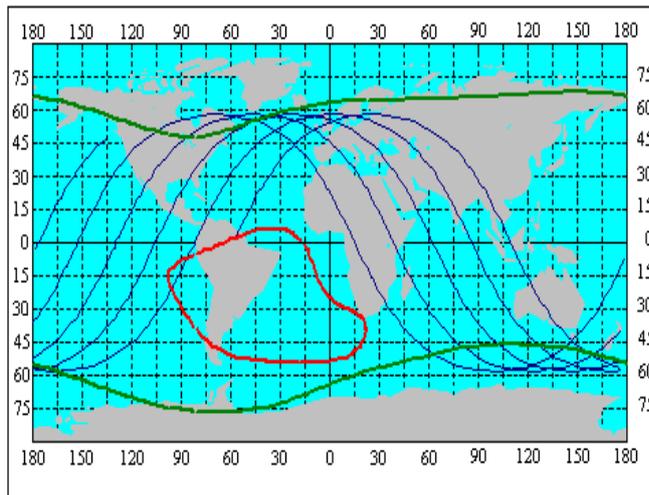


Рис. 1. Траектория полета МКС и область радиационных поясов Земли

Система профилактики

Что касается российской системы профилактики, то уместно сказать, что Юрий Маленченко – опытный космонавт, и он грамотно использовал локомоторные нагрузки, увеличивая их объем к концу полета. По прибытии на станцию провел ознакомление с имеющимися на борту физическими средствами профилактики, большое внимание уделил ознакомлению с оборудованием и процедурами ФТ (TVIS, ВБ-3М и ARED).

Физические тренировки планировались по российской программе два раза в день общей продолжительностью 2,5 часа на TVIS и ВБ-3М.

В соответствии с требованиями на заключительном этапе полета – двухразовые тренировки на бегущей дорожке TVIS, а с 06.11.2012 г. проводились ОДНТ-тренировки в соответствии с методикой.

По ежедневным докладом экипажа ФТ выполнялись в полном объеме (рис. 2).

Профилактическое изделие «Браслет» начал использовать с момента снятия скафандра и до прибытия на станцию.

При беседе со специалистами после полета Ю. Маленченко высказал замечания в отношении отсутствия необходимых тренажеров по бортовым средствам физической подготовки в ЦПК. Надо учитывать, что американской стороной до настоящего времени не решен вопрос об установке в ЦПК американского тренажера ARED. Поэтому необходимо, чтобы специалисты российской стороны участвовали в тренировочных занятиях в Хьюстоне. В ЦПК планируется установка новой беговой дорожки.

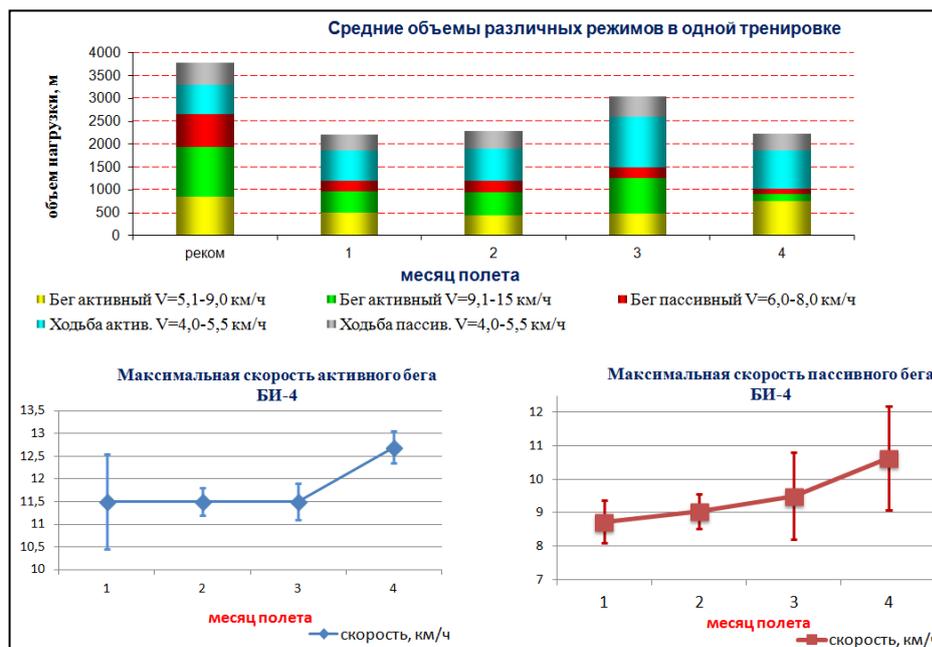


Рис. 2. Основные характеристики локомоторных тренировок БИ-4 в каждый месяц полета

Режим труда и отдыха (РТО)

Старт экипажа ТПК «Союз ТМА-05М» № 706 состоялся 15.07.2012 г. в 05:40ДМВ. Первые двое суток полет проходил в автономном режиме на ТПК «Союз». Космонавты занимались контролем и тестированием систем, выполнением маневров сближения, ведением связи. Продолжительность работ в эти сутки была в пределах 6,5–7 часов. На сон космонавтам планировалось по 10 и 12 часов.

Стыковка ТПК № 706 с МКС осуществлена 17.07.2012 г. штатно в автоматическом режиме в 07:51ДМВ/04:51GMT, ОПЛ – в 10:25 ДМВ. После ОПЛ и перехода на станцию на космонавта Ю. Маленченко были возложены функции БИ-4. День стыковки с МКС для экипажа ТПК № 706 был напряженным в связи с выполнением сложной динамической операции. Общее время работы с учетом времени работ на ТПК и на станции составило у КК (БИ-4) 12,5 часов, у БИ по 8,5–9 часов.

После завершения рабочих операций на станции, 17.07.2012 г. всем космонавтам было предоставлено время для отдыха и сна с 16:00 до 06:00GMT (18.07.2012 г.) продолжительностью 14 часов. С 18.07.2012 г. все космонавты работали в штатном режиме сна-бодрствования, принятом для МКС.

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений», прибывшему экипажу, в том числе и БИ-4, в период с 18.07.2012 г. по 27.07.2012 г. ежедневно в рабочие дни планировали время по одному часу на адаптацию и ознакомление со станцией за счет сокращения рабочей зоны.

Перед ночными работами экипажу выделялось время для дневного отдыха продолжительностью 5–5,5 часов с последующим выполнением рабочих операций. После завершения работ экипажу предоставлялось время для отдыха (сна) продолжительностью по 9–9,5 часов. Напряженность РТО была связана не только

с выполнением работ в ночное время, но и необходимостью выполнения большого объема работ по частичной разгрузке ТГК, демонтажу аппаратуры «Курс-НА» и предоставлением БИ-4 и КЭ только одного дня отдыха в этот период.

Общее полетное время экипажа МКС-32/33 (БИ-4) составило 127 суток. За время полета планировались 91 рабочий день и 36 дней отдыха, из них 4 дня были неполными днями отдыха. Фактически, по сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, у БИ-4 было 28 полноценных (полных) дня отдыха, когда время работы не превышало двух часов и 8 дней были неполными днями отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от двух до четырех часов.

За весь полет продолжительность плановых работ в дни отдыха у БИ-4 составила 32,5 часа. Фактически БИ-4 на выполнение рабочих операций в выходные дни затратил такое же время – 32,5 часа (без Task List). На работы по программе Task List в дни отдыха БИ-4 планировалось 49 часов. Фактически на эти работы БИ-4 затратил около 22 часов. В данном полете, как обычно, планировались работы по программе Task List в рабочие дни – в основном выполнение научных экспериментов. На выполнение данной программы работ БИ-4 планировалось 106 часов 45 минут. Фактически на ее выполнение БИ-4 затратил 24 часа 20 минут.

Вывод: РТО экипажа по своей структуре и рабочей нагрузке в целом соответствовал требованиям нормативных документов и оценивался как штатный, нормальный 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) напряженность была обусловлена выполнением сложной динамической операции по стыковке ТПК с МКС в раннее утреннее время и увеличением времени на рабочие операции до 12,5 часов.

На заключительном этапе полета (19-я неделя) РТО экипажа МКС-31 был достаточно напряженным в связи с подготовкой к посадке, подготовкой и укладкой возвращаемых грузов в ТПК «Союз», выполнением операции по расстыковке ТПК № 706 и спуску в ночное время.

Были периоды, когда РТО был напряженным 1–2 дня в неделю: это 2–3-я, 4, 6 и 10-я недели полета, что было связано с работой в условиях измененного режима сна–бодрствования, т.е. выполнением рабочих операций в ночное время суток. Это стыковка ТГК № 415, стыковка ТГК № 416, расстыковка ТПК «Союз» № 705, расстыковка ATV-3, выполнение операции ВКД-31 и другие. 20.08.2012 г. при выполнении ВКД-31 РТО был очень напряженным. Время работы у космонавтов составило по 16 часов, период бодрствования – 19,5 часов.

По сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, на дополнительные работы (внеплановые работы по указанию Земли, по Task List, по собственной инициативе, увеличение времени на выполнение отдельных плановых работ и др.), выполняемые в рабочие и выходные дни, БИ-4 затратил 55 часов 20 минут, что равноценно 8,5 рабочим дням при плановой рабочей нагрузке 6,5 часов в день.

Несмотря на напряженный режим работы экипажа в отдельные дни полета, БИ-4 вполне успешно справился с полетным заданием. Успешному выполнению программы полета во многом способствовали большой опыт и профессионализм БИ-4, оптимальная организация работ на станции, разумное взаимодействие и взаимопомощь российских космонавтов, работающих на станции, а также настрой на своевременное и в полном объеме выполнение профессиональных задач.

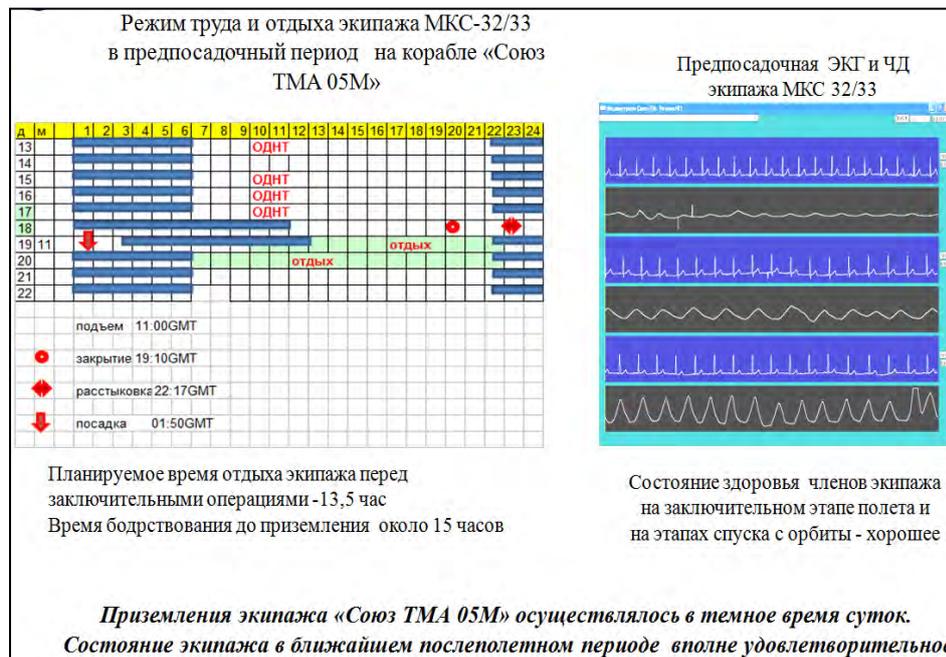


Рис. 3. Режим труда и отдыха экипажа МКС-32/33
в предпосадочный период на корабле «Союз ТМА-05М»

Перед посадкой экипаж был в хорошем состоянии. Режим труда и отдыха не был обременительным, о чем свидетельствуют физиологические показатели накануне посадки (рис. 3).

Питание и водопотребление

На всем протяжении полета замечаний от экипажа не поступало. По сообщениям врача экипажа, на всем протяжении полета у членов экипажа аппетит был хороший, замечаний по питанию не было, водопотребление в норме.

Продуктов было достаточно, ассортимент разнообразный; продукты из контейнеров ДНП использовали, но не всегда полностью.

Выполнение научной программы

Научная программа выполнения медико-биологических экспериментов была довольно насыщенной. Были сделаны не только ранее включенные в программу эксперименты, но и новые. Количество экспериментов по каждому отдельному космическому эксперименту, как правило, ограничено – программа каждого эксперимента рассчитана на определенное количество полетов. Поэтому часть экспериментов заканчивается и начинаются новые, общее количество остается то же, но идет некая смена. Вся программа выполнена качественно и профессионально.

На рис. 4. представлены фотографии участников экспериментов в процессе выполнения КЭ: «Сонокард», «Спрут», «Типология», «Пневмокард», «Храматомасс», «Матрешка».

БИ-4 во время автономного полета на корабле «Союз» самочувствие оценивал как хорошее. Каких-либо тяжелых проявлений факторов космического полета на организм не отметил.

Работоспособность членов экипажа сохранялась на достаточном уровне. Сон во время автономного полета был глубокий и достаточный. После стыковки и перехода на МКС самочувствие сохранялось хорошим. Процесс адаптации к невесомости проходил без осложнений. Медицинские операции и медико-биологические эксперименты выполнены экипажем в полном объеме в соответствии с программой полета, на высоком профессиональном уровне, чему содействовал профессионализм экипажа.



Рис. 4. Медико-биологические эксперименты в период МКС-32/33

Заключение

Медицинское обеспечение здоровья экипажей МКС-32/33 осуществлялось в соответствии с требованиями ISS MORD, SSP 50260.

Состояние здоровья членов экипажа МКС-32/33 в ходе полета оценивалось как хорошее и соответствующее срокам полета.

Многосторонняя медицинская группа (SMOT) и полетные врачи контролировали планирование и реализацию медицинских операций.

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

Уровень физической тренированности МКС-32/33 в ходе полета оценивался как достаточный для выполнения полетной программы и для выполнения ВКД-31.

Медицинские операции и медико-биологические эксперименты выполнены экипажем МКС-32/33 в полном объеме в соответствии с программой полета на высоком профессиональном уровне. Уровень предполетной подготовки – адекватный задачам полета.

Возвращаемые срочные медико-биологические грузы доставлены в хорошем состоянии.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

СМ – служебный модуль
ФГБ – функциональный грузовой блок
СОТР – система обеспечения теплового режима
КОХ1 – контур охлаждения 1
КОХ2 – контур охлаждения 2
РРЖ1 – регулятор расхода жидкости 1
РРЖ2 – регулятор расхода жидкости 2
БМП – блок (очистки от) микропримесей
СРВ-К2М – система регенерации воды из конденсата модифицированная
СКВ-1/СКВ-2 – система кондиционирования воздуха 1/2
СОА «Воздух» – система очистки атмосферы
СКО «Электрон-ВМ» – средства кислородообеспечения
УОВ «Поток 150 МК» – устройство очистки воздуха
СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности
СОГС – средства обеспечения газовой среды
СТР – система теплорегуляции
АСУ – ассенизационно-санитарное устройство
БМП – блок (очистки от) микропримесей
ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера
TVIS – американская беговая дорожка (тредмил виброизолирующая система)
ВБ-3М – велоэргометр бортовой
ОДНТ – отрицательное давление на нижнюю часть тела
ФТ – физические тренировки
ТГК – транспортный грузовой корабль

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

ВИЗУАЛЬНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ С БОРТА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ЭКИПАЖАМИ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОДГОТОВКИ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

В.И. Васильев, И.Г. Сохин, С.В. Бронников, Н.В. Васильева,
О.С. Гордиенко

В.И. Васильев; канд. техн. наук И.Г. Сохин; канд. техн. наук, доцент
Н.В. Васильева; О.С. Гордиенко (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Канд. техн. наук С.В. Бронников (РКК «Энергия»)

Статья посвящена одному из видов деятельности космонавтов – визуально-инструментальным наблюдениям (ВИН) с борта российского сегмента Международной космической станции (РС МКС). Рассмотрены некоторые аспекты, связанные с ВИН, состав имеющихся на борту РС МКС технических средств ВИН, проблема координатной привязки получаемых изображений земной поверхности, вопросы подготовки космонавтов к выполнению ВИН, развития тренажных средств подготовки космонавтов по задачам ВИН, опыт целевой подготовки космонавтов в составе учебных групп наземных специалистов.

Ключевые слова: визуально-инструментальные наблюдения, подготовка космонавтов, мониторинг природных и антропогенных объектов, координатная привязка изображений земной поверхности, технические средства обеспечения ВИН, деятельность космонавта, стенд-тренажер ВИН.

Visual Instrumental Observations of the Earth by Crews of the ISS RS and Main Principles of Training for Performing Them. V.I. Vasilyev, I.G. Sokhin, S.V. Bronnikov, N.V. Vasilyeva., O.S. Gordienko

The paper is devoted to visual instrumental observations as a type of cosmonaut activity aboard the ISS RS (VIOs). It discusses some aspects of VIOs; VIO means available aboard the ISS RS; the problem of gridding the objects on the obtained photos of the Earth's surface; issues of cosmonaut training to perform VIOs and development of dedicated simulators as well as the experience gained during special training of cosmonauts in groups of other experts.

Keywords: visual instrumental observations (VIOs), cosmonaut training, monitoring of natural and anthropogenic phenomena, gridding of the Earth surface photos, technical means to perform VIOs, activity of a cosmonaut, VIOs simulator stand.

Одним из важнейших видов работы космонавтов на борту РС МКС являются визуально-инструментальные наблюдения. Учитывая многоаспектность проблемы, в данной статье, которая является начальной в серии публикаций по указанной тематике, в целях ознакомления с рассматриваемыми вопросами представлен общий обзор деятельности космонавтов, связанной с выполнением ВИН и подготовкой к ним.

ВИН предназначены для наблюдения за природными и антропогенными объектами, процессами и явлениями, происходящими на земной поверхности в атмосфере и космосе. Они могут выполняться экипажами как по целеуказаниям с Земли, так и инициативно в режиме свободного поиска.

К основным преимуществам ВИН с борта российского сегмента Международной космической станции по сравнению с другими методами ДЗЗ (наземными, авиационными, с использованием автоматических КА) следует отнести [1]:

1. Обзорность. Высота полета МКС (400 км) обеспечивает обширную зону обзора поверхности Земли. Эффективная зона наблюдения и выполнения качественной съемки имеет радиус около 400 км (то есть в любой момент времени фото- и видеосъемка может быть выполнена для любого объекта, находящегося в зоне радиусом 400 км от подспутниковой точки без дополнительных команд с Земли, чего не может обеспечить ни одна беспилотная система). Такая обзорность создает благоприятные условия для решения экипажами МКС широкого спектра задач ВИН.

2. Оперативность. Проведение космонавтами визуально-инструментальных наблюдений позволяет своевременно произвести фиксацию тех или иных изменений объектов, процессов и явлений без дополнительных запросов, подачи заявок и согласований, а также выполнить оперативную передачу полученной информации в Центр управления полетами (ЦУП) и затем заинтересованным организациям. Оперативность выполнения таких съемок особенно важна, так как при изучении целого ряда объектов, процессов и явлений не всегда присутствует возможность заблаговременно дать прогноз их развития и/или активизации, что, соответственно, не всегда позволяет запланировать их наблюдение. Кроме того, есть ряд не включенных в программу наблюдений объектов, процессов и явлений, изменение которых может вызвать научный интерес и иметь практическую значимость.

3. Универсальность. Полученные в процессе выполнения ВИН данные могут использоваться в различных областях науки и техники.

4. Генерализация. При разрешающей способности зрительного анализатора человека с высоты 400 км, составляющей порядка 100–150 м, космонавт видит глобальные физиономические особенности местности и может выявить основные закономерности в наблюдаемом сюжете и причинно-следственные связи при развитии наблюдаемых процессов и явлений.

5. Селективность. Возможность выбора для наблюдения конкретных объектов по характерным индикационным признакам.

6. Устойчивость к помехам. Способность получения полезной информации в широком диапазоне световых и других помех (например, при наличии облачности съемка может выполняться в разрывах облачного покрова). Кроме того, следует отметить, что на съемочное оборудование, применяемое при выполнении ВИН, не передаются вибрации корпуса станции, так как оно не имеет с ним жесткой связи, поскольку находится в руках у космонавта.

7. Гибкость. Возможность быстрого перехода от одного объекта исследования к другому, если заранее запланированным исследованиям мешают неблагоприятные условия наблюдений (например, облачность).

В программу визуально-инструментальных наблюдений природной среды и катастрофических процессов и явлений, осуществляемую на РС МКС, включены следующие задачи:

- мониторинг наземных ландшафтов, находящихся под воздействием негативных техногенных факторов;
- мониторинг природных и техногенных катастроф;

- мониторинг территорий, оказавшихся в зоне воздействия природных или техногенных катастроф;
- оперативное информирование государственных и местных органов управления о неблагоприятном или катастрофическом развитии событий;
- мониторинг акваторий Мирового океана;
- отработка методов наблюдения в условиях реальных ограничений.

Обновленная в 2012 году версия долгосрочной программы [6] подтверждает необходимость продолжить исследования, направленные на изучение и прогнозирование природных и техногенных катастроф, которые в дальнейшем должны проводиться по отдельной межведомственной целевой программе.

Технические средства для обеспечения ВИН

На борту РС МКС имеется аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий визуально-инструментальные наблюдения наземных, атмосферных и космических объектов и явлений с использованием космонавтами ручных средств регистрации. В состав комплекса входят:

1. Фотокамера Nikon с набором объективов, обеспечивающих съемку с фокусным расстоянием до 1200 мм, что позволяет получать высококачественные цветные снимки с разрешением на местности до 2–5 метров;

2. Фотоспектральная система (ФСС) и комплект аппаратуры «Фиалка-МВ-космос», расширяющие возможности выполнения ряда исследовательских и прикладных задач.

3. Бортовая компьютерная модель полета (БКМП) «Сигма». БКМП «Сигма» является информационной системой, обеспечивающей экипаж навигационной и баллистической информацией, необходимой при выполнении геофизических экспериментов и дистанционного зондирования Земли. Задачами БКМП «Сигма» являются: прогноз и оперативный расчет условий визуальных наблюдений с РС МКС, ориентации осей и иллюминаторов МКС с использованием астродинамической модели звездного неба, моделирование орбитального движения МКС с применением цифровой модели Земли, компьютерное обеспечение выполнения геофизических и астрофизических экспериментов.

Координатная привязка

Одной из проблем, существенно влияющей на эффективность применения полученной в результате выполнения визуально-инструментальных наблюдений информации, является обеспечение необходимой точности координатной привязки (определения земных координат) получаемых изображений земной поверхности, а также спектральных данных.

Для решения этой проблемы необходимо иметь данные о положении станции относительно земной системы координат и данные об ориентации оси визирования съемочного оборудования относительно станции. Данные об ориентации и положении станции относительно земной системы координат могут быть получены из системы управления станцией. Для определения ориентации оси визирования съемочного оборудования относительно станции в настоящее время на РС МКС в рамках космического эксперимента «Визир» исследуются возможности различных вариантов системы, построенной на датчиках угловых скоростей [7] и на ультразвуковых датчиках [8, 9]. Основными критериями при ее разработке являются точность определения угловых координат и эргономичность системы (степень ее влияния на деятельность космонавта при проведении съемок).

Особенности деятельности космонавта при выполнении ВИН

Деятельность космонавтов при выполнении визуально-инструментальных наблюдений из космоса представляет собой наблюдение объектов подстилающей поверхности невооруженным глазом и с помощью оптических средств, расширяющих возможности зрительного анализатора человека. При этом в качестве средств, позволяющих выполнить регистрацию результатов ВИН, используются ручные цифровые фотоаппараты, цифровые видеокамеры, ручная спектрометрическая аппаратура. Оперативная обработка и экспресс-анализ полученных в ходе ВИН фото- и видеоизображений выполняется экипажами непосредственно на борту РС МКС.

В соответствии с указанными видами работ в структуре деятельности экипажей РС МКС по визуально-инструментальным наблюдениям из космоса могут быть выделены визуальная составляющая, основанная на выполнении операций зрительного поиска, обнаружения и идентификации исследуемых объектов [1] и, собственно, операторская составляющая, включающая операции по управлению и обслуживанию оборудования, используемого в процессе выполнения ВИН для регистрации, последующей обработки и передачи на Землю результатов наблюдений.

Подготовка космонавтов к проведению ВИН

Применительно к обеим составляющим деятельности космонавтов при выполнении ВИН организуется и проводится подготовка в объеме, зависящем от характера решаемых в полете задач, исходного уровня подготовки обучаемых, имеющихся ресурсов времени и т.п. При этом программа подготовки космонавтов предусматривает проведение как теоретических занятий, ориентированных на изучение методических основ ВИН из космоса, так и практической отработки действий по использованию бортовых средств регистрации и обработки результатов наблюдений.

Основную роль в процессе подготовки космонавтов к выполнению задач ВИН играет наличие технических средств подготовки и информационных ресурсов.

Одним из средств подготовки космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений из космоса является самолет-лаборатория (СЛ) Ту-134ЛК.

СЛ Ту-134ЛК обеспечивает:

- тренировки космонавтов по выполнению ВИН с применением штатной научной аппаратуры в условиях ограничения времени наблюдения реальных природных и антропогенных объектов и их регистрации;

- выработку общих навыков ориентирования на местности.

До недавнего времени СЛ Ту-134ЛК был основным средством подготовки космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений из космоса. Однако учитывая, что его возможности для полноценной подготовки к деятельности экипажей РС МКС по задачам ВИН имеют ряд ограничений, было принято решение о разработке специализированного динамического стенда-тренажера для углубленной и систематической подготовки к выполнению визуально-инструментальных наблюдений.

Стремительные темпы развития в последнее десятилетие тренажеростроения [5], программно-аппаратных средств, трехмерной машинной графики, увеличение мощности графических станций, появление на рынке высокотехнологичных аппаратных средств формирования, передачи, обработки и воспроизведения информации и существенное наполнение рынка информацией ДЗЗ, позволили раз-

работать стенд-тренажер ВИН, обеспечивающий визуализацию модели земной поверхности, созданной на основе цифровых спутниковых изображений, динамическое расширение углов обзора земной поверхности, имитацию инструментальных средств наблюдения земной поверхности, а также имеющий и другие функциональные возможности, которые ранее были технически не достижимы. В настоящее время в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» ведутся работы по его созданию.

На стенде-тренажере планируется решение широкого спектра задач подготовки космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений из космоса:

- географическая подготовка космонавтов;
- выработка профессиональных навыков у космонавтов по обнаружению и распознаванию наблюдаемых в полете объектов;
- обучение космонавтов методам наблюдения и регистрации заданных объектов с помощью научной и специальной аппаратуры;
- обучение выполнению экспресс-анализа получаемой информации;
- выработка навыков обработки и использования полетной информации на бортовом компьютере;
- предполетная подготовка космонавтов к проведению тренировок на СЛ Ту-134ЛК;
- формирование и поддержание комплексных навыков и умений операторской деятельности космонавтов (экипажей), необходимых для выполнения ВИН из космоса;
- разработка и совершенствование методик подготовки космонавтов к выполнению ВИН;
- планирование сеансов выполнения ВИН заданных объектов с борта РС МКС;
- сопровождение реальной работы экипажа на орбите в процессе проведения научно-прикладных исследований и экспериментов.

Однако следует заметить, что эффективность выполнения космонавтами ВИН определяется не только уровнем освоения технических средств ВИН и развитием навыков распознавания объектов. Требуется понимание что, где и как необходимо наблюдать, какими признаками характеризуется развитие того или иного процесса или явления, к каким последствиям может привести несвоевременное информирование о происходящих изменениях.

В связи с этим возникает необходимость в процессе подготовки космонавтов в значительной мере усилить изучение таких составляющих, как науки о Земле, в том числе географии, геофизики, геологии, гляциологии и т.п.; основ мониторинга состояния окружающей среды; геоинформационных систем; основ прогнозирования развития опасных процессов и явлений в окружающей среде и т.п.; дополнить состав программного обеспечения бортовых ЭВМ справочными геоинформационными системами, электронным каталогом типовых объектов наблюдений. Все это позволит космонавту лучше ориентироваться в процессе поиска объектов на земной поверхности и выполнять ВИН не просто механически, как простому оператору, что зачастую приводит к получению неполной информации об объекте, съемке в неподходящий период времени, а выступать в роли именно исследователя, в какой-то степени даже эксперта, и всегда четко понимать происходящие в данный момент времени изменения в окружающей среде, что в значительной

мере повышает качество и актуальность получаемой информации и становится особенно важным при исследовании быстро протекающих процессов и явлений.

Примером такого подхода являются выполненные визуально-инструментальные наблюдения и съемка объектов в рамках космического эксперимента «Ураган» космонавтами Г.И. Падалка, Ю.И. Онуфриенко, С.Ш. Шариповым, С.В. Залетиним, которые прошли в 1993–1994 годах переподготовку по направлению «Системно-аэрокосмические методы экологически сбалансированного природопользования» в составе региональной группы специалистов от Оренбургской области. Переподготовка была организована международной кафедрой-сетью ЮНЕСКО/МЦОС «Передача технологий для устойчивого развития» совместно на базе РГНИИЦПК имени Ю.А. Гагарина. В учебном процессе приняли участие преподаватели и специалисты вузов и ведущих научных и научно-производственных центров России (в общей сложности было привлечено около 30 организаций), что позволило организовать комплексную междисциплинарную подготовку с общим методическим базисом.

Имеющийся в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» опыт подготовки специалистов по указанному выше направлению [4] позволяет организовать соответствующую подготовку космонавтов.

Для обеспечения более эффективного выполнения ВИН экипажами РС МКС целесообразно создать на Земле постоянно действующую группу поддержки, имеющую постоянную связь со службами прогноза и ликвидации последствий катастроф и чрезвычайных ситуаций. Эта группа поддержки должна будет обеспечить экипаж оперативным целеуказанием для выполнения наблюдений интересных объектов и явлений. При организации ее работы необходимо учитывать особенности взаимодействия системы ЦУП–экипаж [2, 3]. Кроме этого, на борту РС МКС должна быть создана информационная база данных потенциальных объектов наблюдения с соответствующими комментариями.

В настоящее время ВИН, выполняемые с борта РС МКС, стали неотъемлемой частью системы мониторинга окружающей среды, что подтверждается применением полученной информации в ходе анализа причин и последствий наводнения в г. Крымске в 2012 году, причем информация с РС МКС была получена, передана на Землю и поступила в соответствующие инстанции для обработки и принятия необходимых решений ранее, чем это было сделано с беспилотных систем [10].

Учитывая многогранность возможностей применения ВИН, а также обширный, накопленный за годы выполнения их с борта РС МКС, материал, планируются дальнейшие публикации по опыту выполнения ВИН и перспективам развития технологий визуально-инструментальных наблюдений из космоса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лазарев А.И., Коваленок В.В., Авакян С.В. Исследования Земли из космоса. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1987. – 400 с.
- [2] Сохин И.Г. Моделирование процессов систематизированного сбора и апостериорного анализа отклонений от норм функционирования системы «ЦУП–экипаж–ПКК». Доклад на 2-м Международном симпозиуме ученых и исследователей России и США, выполняющих исследования по программе «Наука–НАСА». – ЦНИИмаш, г. Королёв, 1996.
- [3] Сохин И.Г. Комплексная подготовка экипажей МКС как управляемый технологический процесс. Звездный городок, Московская область: РГНИИЦПК им. Ю.А. Гагарина, 2007. – 178 с.

- [4] Васильев В.И. Комплексная междисциплинарная подготовка региональных команд специалистов для устойчивого развития. Сборник научных трудов «Информационное обеспечение рационального природопользования». – М.: Единство, 2001.
- [5] Шукшунув В.Е., Циблиев В.В. и др. Тренажерные комплексы и тренажеры. – М.: «Машиностроение», 2005.
- [6] Долгосрочная программа научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС. – Роскосмос, 2008.
- [7] Бронников С.В., Малименков Е.И., Рожков А.С., Караваев Д.Ю., Калери А.Ю., Крикалёв С.К., Виноградов П.В. Способ определения географических координат изображений объектов на поверхности планеты при съемке с пилотируемого космического аппарата. Патент на изобретение № 2353902. Дата публикации заявки: 20.11.2008.
- [8] Бронников С.В., Рожков А.С., Караваев Д.Ю., Рулев Д.Н. и др. «Способ определения географических координат области наблюдения перемещаемой относительно космического аппарата аппаратуры наблюдения, система для его осуществления и устройство размещения излучателей на аппаратуре наблюдения». Заявка на изобретение № 2012134961 от 16.08.2012 г. (26 листов).
- [9] Бронников С.В., Рулин О.С., Калифатиди А.К., Волоховский Д.А., Волик Л.В., Городецкий И.Г., Караваев Д.Ю., Рожков А.С. Система координатной привязки фотоизображений для РС МКС // Седьмой международный аэрокосмический конгресс (IAC'12), 26–31 августа 2012, Москва, Россия. Тезисы докладов. – С. 282.
- [10] Итоги 32-й экспедиции на Международную космическую станцию. Результаты выполнения программы. – РКК «Энергия», Королёв, 2012.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЗОРА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПИЛОТИРУЕМОМ КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

Г.Д. Орешкин, Э.Н. Степанов, А.А. Митина, А.Т. Митин

Канд. техн. наук, доцент Г.Д. Орешкин; канд. техн. наук, старший научный сотрудник Э.Н. Степанов; канд. техн. наук А.А. Митина; канд. техн. наук, доцент А.Т. Митин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Проведение мониторинга наземных объектов с борта пилотируемого космического аппарата характеризуется и определяется множеством параметров, которые оказывают значительное влияние на продолжительность и периодичность наблюдения, а также на вероятность обнаружения этих объектов. В статье рассматривается влияние параметров обзора поверхности Земли (пространственные, временные и другие показатели) на возможность и результативность проведения мониторинга наземных объектов в пилотируемом космическом полете с применением оптико-визуальных средств.

Ключевые слова: пилотируемый космический полет, космонавт-оператор, мониторинг наземных объектов, бортовые оптико-визуальные средства наблюдения, пространственные и временные показатели, вероятность обнаружения объекта.

Influence of Observation Parameters of the Earth's Surface on the Feasibility of Monitoring Ground-Based Objects During Manned Spaceflight. G.D. Oreshkin, E.N. Stepanov, A.A. Mitina, A.T. Mitin

Monitoring of the ground objects from the board of a manned space vehicle is characterized and defined by a large number of parameters that have a significant effect on the duration and frequency of observations as well as on the probability of detecting these objects. Besides, the paper considers the influence of observation parameters of the earth's surface (spatial, temporal and other factors) on the feasibility and effectiveness of monitoring ground-based objects during spaceflight using optical-visual equipment.

Keywords: manned spaceflight, cosmonaut-operator, monitoring of ground-based objects, onboard optical visual equipment, spatial and temporal parameters, probability of detecting an object.

Мониторинг наземных объектов в пилотируемом космическом полете относится к сложному виду операторской деятельности, т.к. для эффективного решения задач мониторинга необходимо обеспечить одновременное удовлетворение требований по выбору зоны и полосы обзора земной поверхности, периодичности и продолжительности наблюдений, масштабности съемки и разрешению на местности, объему передаваемой информации, а также учесть влияние оптико-геометрических и метеорологических условий и т.д. Данные требования необходимо учитывать при организации и планировании проведения мониторинга наземных объектов специалистами Центра управления полетами (ЦУП) и постановщиками космических экспериментов.

Проведение мониторинга наземных объектов с борта пилотируемого космического аппарата (ПКА) характеризуется и определяется множеством параметров, основными из которых являются:

- параметры орбиты;
- размеры зоны и полосы обзора земной поверхности;
- геометрическое расположение объектов относительно плоскости орбиты

ПКА и его географическая широта;

- величина поля зрения и углы обзора и «прокачки» аппаратуры наблюдения;
- конфигурация (форма) объектов;
- контраст объекта;
- яркость фона и т.д.

Эти параметры оказывают значительное влияние на продолжительность и периодичность наблюдения, а также на вероятность обнаружения наземных объектов.

В связи с этим целесообразно более подробно рассмотреть пространственные, временные и другие показатели и их влияние на возможность проведения мониторинга наземных объектов с борта ПКА с применением оптико-визуальных средств наблюдения.

К пространственным показателям относят зону и полосу обзора, область обслуживаемой поверхности Земли, к временным – продолжительность, периодичность наблюдения заданного района и время наблюдения объекта.

В процессе проведения мониторинга земной поверхности существенное значение имеет вероятность обнаружения объекта, зависящая от метеорологических условий, условий естественного освещения и т.д.

Пространственные показатели, влияющие на возможность проведения мониторинга наземных объектов

К пространственным показателям относятся:

1. **Зона обзора** – участок земной поверхности, просматриваемый с борта ПКА. Размеры зоны обзора земной поверхности определяются высотой полета ПКА, углами зрения и обзора бортовой аппаратуры наблюдения, а также углом «прокачки» оптической оси прибора наблюдения.

Если оптическая ось прибора наблюдения совпадает с радиус-вектором ПКА, т.е. перпендикулярна плоскости истинного горизонта, то на поверхности Земли формируется круговая зона обзора. Поверхность зоны обзора Земли ограничена круговым конусом, вершина которого совпадает с центром Земли (рис. 1). Ее размеры зависят от высоты полета ПКА и угла зрения аппаратуры наблюдения. Характеризуется круговая зона обзора геоцентрическим углом сферического радиуса зоны обзора β или геоцентрическим углом сферического диаметра зоны обзора β_3 .

Геоцентрический угол сферического радиуса зоны обзора β определяется выражением

$$\beta = \arcsin\left(\frac{R+H}{R} \cdot \sin\frac{\psi}{2}\right) - \frac{\psi}{2},$$

а геоцентрический угол сферического диаметра зоны обзора β_3 выражением

$$\beta_3 = 2 \cdot \left[\arcsin\left(\frac{R+H}{R} \cdot \sin\frac{\psi}{2}\right) - \frac{\psi}{2} \right],$$

где H – высота полета ПКА; R – радиус Земли ($R = 6371$ км); ψ – угол зрения аппаратуры наблюдения ПКА.

Сферическая площадь поверхности зоны обзора Земли равна

$$S = 4 \pi \cdot R^2 \cdot \sin^2 \frac{\beta}{2},$$

где β – геоцентрический угол сферического радиуса зоны обзора.

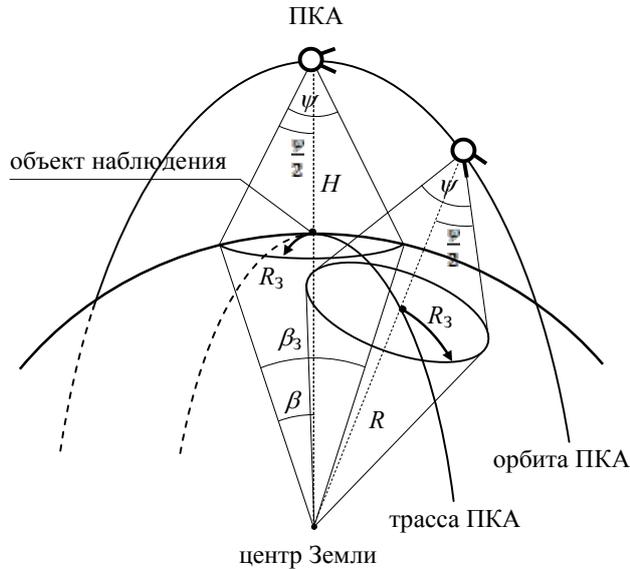


Рис. 1. Зона обзора бортовой аппаратуры при условии совпадения оптической оси прибора наблюдения с радиусом-вектором ПКА

Сферический радиус зоны обзора поверхности Земли равен

$$R_3 = 111,2 \cdot \beta,$$

где β выражается в градусах, а R_3 – в километрах.

Если оптическая ось прибора наблюдения отклонена от плоскости орбиты ПКА на некоторый угол γ , то зона обзора поверхности Земли в этом случае будет представлять собой эллипс, малая полуось которого может совпадать с плоскостью орбиты ПКА или будет параллельна ей, а большая полуось этого эллипса перпендикулярна плоскости орбиты ПКА (рис. 2).

Геоцентрические углы такой эллиптической зоны обзора Земли в параллельном и перпендикулярном направлениях относительно центра эллиптической зоны обзора поверхности Земли будут равны соответственно

$$\beta_{пл.} = 2 \cdot \left[\arcsin \left(\frac{R+H}{R} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \right) - \frac{\psi}{2} \right];$$

$$\beta_{пп.} = \arcsin \left[\frac{R+H}{R} \cdot \sin \left(\gamma + \frac{\psi}{2} \right) \right] - \arcsin \left[\frac{R+H}{R} \cdot \sin \left(\gamma - \frac{\psi}{2} \right) \right] - \psi,$$

где γ – угол отклонения оптической оси прибора наблюдения от плоскости орбиты ПКА.

Площадь эллиптической зоны обзора земной поверхности будет определяться выражением

$$S = \pi \cdot a \cdot b,$$

где a и b – малая и большая полуоси эллипса зоны обзора земной поверхности.

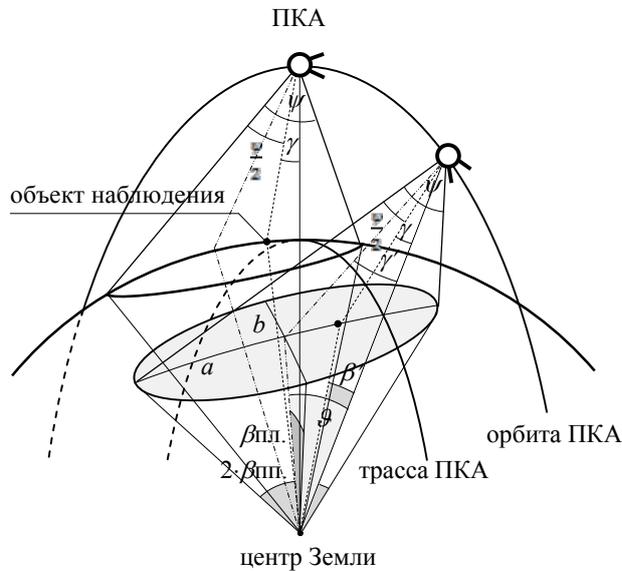


Рис. 2. Зона обзора бортовой аппаратуры при условии отклонения оптической оси прибора наблюдения от плоскости орбиты ПКА

Площадь эллиптической зоны обзора земной поверхности больше, чем площадь круговой зоны обзора, когда оптическая ось прибора наблюдения перпендикулярна плоскости местного горизонта.

Кроме того, центр эллиптической зоны наблюдения земной поверхности будет удален от плоскости орбиты ПКА на угол ϑ , определяемый выражением

$$\vartheta = \arcsin\left(\frac{R+H}{R} \cdot \sin\gamma'\right) - \gamma'$$

где γ' – угол отклонения направления на центр эллиптической зоны обзора от радиуса-вектора ПКА.

Расстояние от плоскости орбиты ПКА до центра эллиптической зоны наблюдения будет равно

$$l = 111,2 \cdot \vartheta = 111,2 \cdot \left[\arcsin\left(\frac{R+H}{R} \cdot \sin\gamma'\right) - \gamma' \right].$$

В общем случае наклонная дальность от ПКА до объекта наблюдения определяется выражением

$$l = \sqrt{R^2 \cdot \sin^2\beta' + H^2},$$

где β' – геоцентрический угол отклонения точки наблюдения от плоскости орбиты ПКА.

При движении ПКА по орбите зона обзора поверхности Земли перемещается, образуя полосу обзора.

2. Полоса обзора земной поверхности – участок земной поверхности, расположенный вдоль трассы полета ПКА. В общем случае центр полосы обзора земной поверхности может совпадать с трассой полета или отклонен на некоторое расстояние от трассы полета. Если оптическая ось прибора наблюдения совпадает с радиусом-вектором ПКА, то полоса наблюдения симметрично расположена относительно трассы полета. В реальных условиях полета оптическая ось прибора наблюдения, установленного на борту ПКА, может быть отклонена от радиуса-вектора на некоторый угол γ . Угол γ определяется углами отклонения оптической оси прибора от строительных осей ПКА и углами крена и тангажа ПКА. Аппаратура наблюдения имеет угол зрения ψ . Величина угла зрения изменяется в широких пределах и достигает максимальной величины в несколько десятков градусов.

Если угол отклонения оси аппаратуры наблюдения от плоскости орбиты ПКА больше половины его угла зрения, т.е. выполняется условие $\psi/2 < \gamma$, то геоцентрический угол отклонения полосы наблюдения от трассы полета ПКА определяется выражением

$$\beta_O = \arcsin \left[\frac{r}{R} \cdot \sin \left(\gamma - \frac{\psi}{2} \right) \right] - \gamma + \frac{\psi}{2},$$

где r – радиус-вектор ПКА.

На поверхности Земли это отклонение, выраженное в километрах, будет равно

$$L_O = 111,2 \cdot \beta_O.$$

Ширина полосы обзора земной поверхности для этих условий будет определяться геоцентрическим углом, равным

$$\beta_{II} = \arcsin \left[\frac{r}{R} \cdot \sin \left(\gamma + \frac{\psi}{2} \right) \right] - \arcsin \left[\frac{r}{R} \cdot \sin \left(\gamma - \frac{\psi}{2} \right) \right] - \psi.$$

В линейных единицах ширина полосы наблюдения земной поверхности равна

$$L_{II} = 111,2 \cdot \beta_{II}.$$

Таким образом, ширина полосы наблюдения в значительной степени зависит от угла отклонения оптической оси поля зрения прибора от плоскости орбиты ПКА.

Для оценки возможностей по обзору поверхности Земли с борта ПКА часто используют не ширину полосы обзора, а диапазон долгот, перекрываемых полосой обзора, т.е. долготы, в пределах которых проходит полоса обзора поверхности Земли на заданной широте. Диапазон долгот зависит от ширины полосы обзора поверхности Земли, широты места наблюдения и наклона орбиты (рис. 3).

Выражение для определения диапазона долгот, перекрываемых полосой наблюдения земной поверхности при широте нахождения объекта наблюдения, удовлетворяющих условию $\varphi \leq i - \beta$, имеет вид

$$\Delta\lambda_L = \arccos \frac{-\sin\beta - \cos i \cdot \sin\varphi}{\sin i \cdot \cos\varphi} - \arccos \frac{\sin\beta - \cos i \cdot \sin\varphi}{\sin i \cdot \cos\varphi},$$

где φ – географическая широта расположения объекта наблюдения; β – геоцентрический угол полосы обзора.

При наблюдении объекта, расположенного на широте, удовлетворяющей условию $i - \beta < \varphi < i + \beta$, диапазон долгот, перекрываемых полосой наблюдения, определяется выражением

$$\Delta\lambda_L = 2 \cdot \arccos \frac{-\sin\beta - \cos i \cdot \sin\varphi}{\sin i \cdot \cos\varphi}.$$

Если широта места наблюдения удовлетворяет условию $\varphi > i + \beta$, то наблюдение поверхности Земли в этих широтах с помощью аппаратуры невозможно.

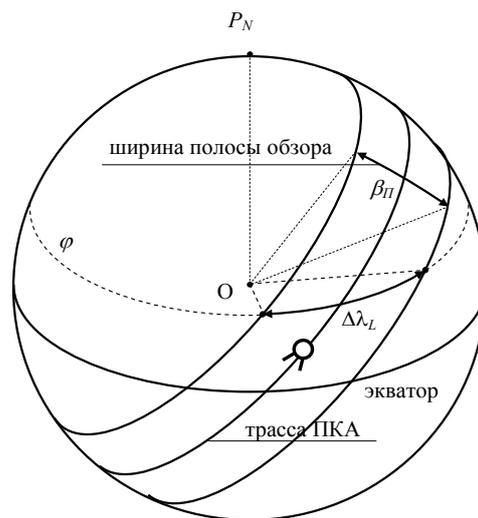


Рис. 3. Ширина полосы обзора и диапазон долгот, перекрываемых полосой наблюдения

3. Область обслуживаемой поверхности Земли – определяет диапазон широт, в которых возможно наблюдение объекта.

Если ПКА функционирует на круговой орбите с заданными высотой H и наклонением орбиты i , а у аппаратуры наблюдения известны угол поля зрения и отклонение оптической оси поля зрения от плоскости орбиты ПКА, тогда возможность наблюдения заданного объекта на поверхности Земли (с географическими координатами φ, λ) с борта ПКА определяется условиями

$$(\lambda_i - \beta_n \cdot \sec\varphi) < \lambda < (\lambda_i + \beta_n \cdot \sec\varphi),$$

где λ_i – долгота точки пересечения трассы полета ПКА с параллелью расположения объекта наблюдения; β_n – геоцентрический угол полосы наблюдения; λ – долгота расположения объекта наблюдения на поверхности Земли.

Влияние угловой скорости вращения Земли и угловой скорости прецессии плоскости орбиты ПКА на определение трасс полета ПКА, с которых возможно наблюдение объекта, определяется выражением

$$\left[\lambda + \beta_{\text{п}} + \omega'_3 \cdot \frac{\arcsin \frac{\sin \varphi}{\sin i}}{360^\circ} \cdot T - \arcsin(\operatorname{ctgi} \cdot \operatorname{tg} \varphi) \right] \leq \lambda_i \leq \left[\lambda + \beta_{\text{п}} + \omega'_3 \cdot \frac{\arcsin \frac{\sin \varphi}{\sin i}}{360^\circ} \cdot T - \arcsin(\operatorname{ctgi} \cdot \operatorname{tg} \varphi) \right],$$

где T – период обращения ПКА по орбите.

Это выражение определяет диапазон долгот восходящих узлов трасс ПКА, обеспечивающих возможность наблюдения объекта.

Временные показатели, влияющие на возможность проведения мониторинга наземных объектов

К временным показателям, влияющим на возможность проведения мониторинга, относят продолжительность, периодичность и время наблюдения.

1. Продолжительность наблюдения – время, в течение которого с борта ПКА ведется наблюдение за объектом, определяется выражением

$$\tau = \frac{\arcsin \left(\frac{r}{R} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \right) - \frac{\psi}{2}}{180^\circ} \cdot T$$

где r – радиус-вектор ПКА; R – радиус Земли; ψ – угол зрения аппаратуры наблюдения; T – период обращения ПКА по орбите.

Из соотношения видно, что продолжительность наблюдения объекта с борта зависит от высоты полета ПКА и угла зрения аппаратуры наблюдения.

На продолжительность наблюдения объекта оказывает влияние и его расположение в зоне наблюдения.

Если объект наблюдения расположен от центра зоны наблюдения на боковом удалении μ , то продолжительность его наблюдения определяется выражением

$$\tau = \arccos \frac{\cos \left[\arcsin \left(\frac{r}{R} \cdot \sin \frac{\psi}{2} \right) - \frac{\psi}{2} \right]}{\cos \mu} \cdot \frac{T}{180^\circ}$$

Удаление объекта от центра зоны наблюдения на 50–60 % значения сферического радиуса зоны наблюдения существенного влияния на продолжительность наблюдения не оказывает.

2. Периодичность наблюдения объекта с борта ПКА определяется числом последовательных витков и числом последовательных суток просмотра объекта. На периодичность наблюдения объектов также оказывают влияние паузы наблюдения. Различают межвитковую и суточную паузы наблюдения объекта.

Число последовательных витков наблюдения объекта зависит от диапазона долгот перекрываемых полосой наблюдения аппаратуры ПКА и межвиткового смещения трассы полета ПКА и определяется выражением

$$n_g = \frac{\Delta \lambda_{\text{п}}}{\Delta \lambda_{\text{т}}},$$

где $\Delta\lambda_n$ – диапазон долгот, перекрываемый полосой наблюдения на широте расположения объекта; $\Delta\lambda_T$ – межвитковое смещение трассы полета ПКА, определяемое выражением

$$\Delta\lambda_T = -(\omega_3 - \dot{\Omega})T,$$

где ω_3 – угловая скорость вращения Земли; $\dot{\Omega}$ – угловая скорость прецессии плоскости орбиты.

Выражение для определения числа последовательных витков просмотра объекта наблюдения имеет вид

$$n_e = \frac{\beta}{\sqrt{\cos^2\varphi - \cos^2i} \cdot (\omega_3 \cdot T + 360^\circ \cdot \frac{I}{P^2} \cdot \cos i)}.$$

Из данного выражения следует, что число последовательных витков наблюдения объекта зависит от широты φ расположения объекта, геоцентрического угла β полосы наблюдения ПКА, параметров орбиты ПКА (периода обращения T космического аппарата, фокального параметра P , наклона i орбиты), нецентральности гравитационного поля Земли I и угловой скорости вращения Земли вокруг своей оси ω_3 .

Число последовательных суток наблюдения объекта – это отношение диапазона долгот, перекрываемых полосой наблюдения, к суточному сдвигу трасс и равно

$$n_c = \frac{\Delta\lambda_n}{\Delta\lambda_{cd}}.$$

Под суточным сдвигом трасс полета понимают сдвиг одноименных суточных витков одних суток по отношению к последующим суткам. Суточный сдвиг трассы полета ПКА определяется выражением

$$\Delta\lambda_{cd} = 360^\circ - |\Delta\lambda_T| \cdot N_c,$$

где $\Delta\lambda_T$ – межвитковое смещение трассы полета ПКА; $N_c = 1440/T$ – целое число витков, выполняемых за сутки; T – период обращения.

Если объект на витке N некоторых суток был виден с борта ПКА и если выполняется условие $\Delta\lambda_{cd} < \Delta\lambda_n$, то этот объект будет наблюдаться на нескольких последовательных сутках, но только в такой последовательности: на первых сутках наблюдение будет проводиться на $N+1$ суточном витке, на вторых сутках – на $N+2$ и т.д.

Паузы наблюдения. После наблюдения объекта в течение нескольких витков, с некоторого витка полета ПКА наступает пауза в его наблюдении. Число последовательных витков полета ПКА, на которых невозможно наблюдение объекта, расположенного на широте $\varphi < (i - \beta)$, определяется условием $n_n \cdot \lambda_T = \Delta\lambda$. Откуда число «слепых» витков можно определить из соотношения

$$n_n = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_T},$$

где $\Delta\lambda$ – разность долгот между полосами восходящей и нисходящей ветвей трассы полета ПКА.

Если объект наблюдается с борта ПКА между восходящей и нисходящей ветвями трассы на нескольких последовательных витках (2–3 витка), то между нисходящей и восходящей ветвями этой трассы ПКА выполнит максимальное число последовательных «слепых» витков (более 10 «слепых» витков).

3. Время наблюдения объекта определяется выражением

$$T_N = T_{ГР} + N + D,$$

где T_N – поясное время наблюдения объекта; $T_{ГР}$ – гринвичское (всемирное) гражданское время наблюдения объекта; N – номер часового пояса, по которому идут бортовые часы; D – декретное время.

Гринвичское гражданское время начала наблюдения объекта с борта ПКА определяется при полете на восходящей и нисходящей ветвях (частях) орбиты, соответственно, выражениями:

$$T_{ГР} = \frac{\Omega - \lambda_0 + \arcsin(\operatorname{ctgi} \cdot \operatorname{tg}\varphi_0) - S_0}{\omega_3} + \frac{\arcsin(\sin\varphi_0 \cdot \operatorname{coseci})}{\omega_{КА}};$$

$$T_{ГР} = \frac{\Omega - \lambda_0 + 180^\circ - \arcsin(\operatorname{ctgi} \cdot \operatorname{tg}\varphi_0) - S_0}{\omega_3} + \frac{180^\circ - \arcsin(\sin\varphi_0 \cdot \operatorname{coseci})}{\omega_{КА}},$$

где Ω – прямое восхождение восходящего узла орбит ПКА; λ_0 , φ_0 – долгота и широта объекта наблюдения; S_0 – гринвичское звездное время в полночь; ω_3 – угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси; $\omega_{КА}$ – угловая скорость обращения ПКА по своей орбите.

При проведении мониторинга наземных объектов необходимо учитывать нижеперечисленные параметры.

Влияние формы и угловых размеров объекта на время его визуального обнаружения

Время визуального обнаружения объекта незначительно зависит от его формы при соотношении сторон объекта (длина к ширине) от 1:1 до 10:1.

Для протяженных объектов при значительном отношении сторон происходит снижение пороговой яркости обнаружения по сравнению с более компактными объектами того же углового размера. Это подтверждается на практике тем, что при наблюдении с ПКА на земной поверхности различаются протяженные шоссейные дороги (угловой размер около 0,3'), в то же время точечные объекты такого же углового размера увидеть не представляется возможным. Время, необходимое для обнаружения объекта поиска, изменяется обратно пропорционально его угловому размеру в третьей степени:

$$t_0 \sim \frac{1}{\gamma^3}.$$

Влияние контраста объекта на время поиска

Время визуального поиска объектов изменяется обратно пропорционально контрасту объекта с фоном:

$$t_0 \sim \frac{1}{K^2}.$$

Успешность поиска зависит от фоноцелевых факторов: облачность, блики, протяженность объекта, контраст цели и фона. Значительное влияние на успешность поиска оказывают технические ограничения: ухудшение контрастных и цветовых характеристик в видеоискателе прибора регистрации, резкое уменьшение угла поля зрения при переходе от наблюдения через иллюминатор к наблюдению с помощью прибора, наличие в поле зрения элементов конструкции ПКА, зависимость от ориентации ПКА, загрязнение иллюминаторов и т.д.

Влияние яркости фона на время обнаружения

Исследования зависимости времени визуального обнаружения объектов от яркости фона показали, что в среднем время изменяется обратно пропорционально яркости фона в степени 0,3:

$$t_0 \sim \frac{1}{B_{\phi}^{0,3}},$$

т.е., чем выше яркость фона, тем меньше времени требуется для обнаружения объекта, что можно объяснить повышением разрешающей способности и контрастной чувствительности зрительного анализатора космонавта-оператора.

Очевидно, это соотношение верно только для комфортных условий наблюдения. На фоне более высокой яркости целесообразно применять поляриды или нейтральные светофильтры.

Влияние величины поля обзора на время визуального обнаружения объектов

Среднее время визуального обнаружения объектов прямо пропорционально угловому размеру поля обзора во второй степени:

$$t_0 \sim (2 \cdot \beta)^2.$$

Влияние угловой скорости перемещения объекта на время его обнаружения

В процессе проведения мониторинга наземных объектов необходимо учитывать угловую скорость перемещения объектов в поле зрения аппаратуры. Объект, движущийся с малой скоростью, обнаруживается легче, чем неподвижный, а движущийся с большой скоростью – труднее из-за ухудшения видимого контраста. Чем меньше угловые размеры объекта, тем больше влияние скорости на время и вероятность его обнаружения.

Влияние угла обзора и высоты полета на время наблюдения объекта

В космическом полете с высоты $H = 350$ км и угле обзора 50° время наблюдения объекта составляет около 60 с. На возможности обнаружения и опознавания объектов будут оказывать влияние и такие факторы, как цветовой контраст объектов, условия наблюдения из ПКА, навигационные параметры полета, метеословия в зоне поиска, а также время года и положение Солнца относительно линии визирования.

Расчет условий эффективного проведения мониторинга может быть выполнен по следующим приближенным соотношениям:

$$D_{\text{лг}} \approx \frac{R_{\theta}}{57,3} \cos^{-1} \frac{R_{\theta}}{R_{\theta} + H_{\text{п}}};$$

$$D_{\text{об}} \approx 0,1 \sqrt{H_{\text{п}}} \cdot \exp \left[-0,12 \cdot \frac{V}{100} + 0,78 \cdot \left(1 - \frac{r_{\text{п}}}{185} \right)^3 \right];$$

$$D_{\text{оп}} \approx H_{\text{п}} \cdot \text{tg} \beta,$$

где $H_{\text{п}}$ – высота полета; $r_{\text{п}}$ – радиус зоны поиска объекта; β – угол визирования объекта; $D_{\text{лг}}$ – дальность до линии горизонта; $D_{\text{об}}$ – дальность обнаружения объекта; $D_{\text{оп}}$ – дальность опознавания объекта.

Как показывают результаты наблюдений, для высот полета Международной космической станции ≈ 400 км дальность обнаружения объекта $D_{\text{об}}$ составляет не более 600 км, а дальность уверенного опознавания объекта $D_{\text{оп}} \approx 300$ км.

Среднее время визуального поиска объекта с применением аппаратуры наблюдения определяется соотношением:

$$t_0 = \frac{(2 \cdot \beta \cdot \theta^x)^2}{C_{\delta} \cdot \left(\frac{K}{1+q} \right)^2} \cdot (\theta^x \cdot \gamma)^3 \cdot (\tau \cdot L)^{0,3},$$

где C_{δ} – коэффициент монокулярного зрения; L – ширина захвата аппаратуры; K – контраст объекта; τ – коэффициент светопропускания; $2 \cdot \beta$ – угол зрения аппаратуры; q – коэффициент изменения контрастности; θ – увеличение аппаратуры.

Таким образом, операция по мониторингу наземных объектов выполняется в условиях жесткого дефицита времени. Одним из наиболее сложных этапов является этап фотосъемки, т.к. он требует выполнения точных тонкокоординированных действий по управлению и наведению оптико-визуальных средств наблюдения, принятия оперативных решений по обнаружению информационных зон, выбору областей экспозамера, фокусировке объектива и компоновке кадра.

Вероятность обнаружения объекта за данное время зависит от угловой скорости движения изображения, углового размера поля зрения, стратегии поиска и т.д., а также от индивидуально-психологических особенностей космонавта-оператора и определяется соотношением:

$$P_{\text{об}}(t) = 1 - \exp \left[- \frac{S_0}{\beta \omega \tau_{\phi}} \int_0^{(t-t_{\text{л}})\omega} f(x) dx \right],$$

где S_0 – площадь поля зрения; β – угловой размер поля зрения; ω – угловая скорость изображения; $t_{\text{л}}$ – латентное время сенсомоторной реакции глаз; τ_{ϕ} – среднее время фиксации.

Представленное аналитическое выражение описывает закономерности зрительного поиска движущегося объекта.

Таким образом, вышеприведенные параметры обзора поверхности Земли определяют условия, от которых в той или иной степени зависят качество и эффективность проведения мониторинга наземных объектов в пилотируемом космическом полете с использованием бортовых оптико-визуальных средств наблюдения и которые необходимо учитывать при планировании и организации проведения мониторинга.

Исходя из реальных условий полета ПКА, для эффективной реализации проведения мониторинга можно предложить следующие выводы и рекомендации:

1. Зона обзора земной поверхности с помощью бортовых средств наблюдения определяется высотой полета ПКА, углом обзора бортовой аппаратуры наблюдения, отклонением оптической оси бортовой аппаратуры от радиуса-вектора ПКА.

При нулевом отклонении оптической оси прибора наблюдения от радиуса-вектора ПКА, угле зрения бортовой аппаратуры $\psi \leq 80^\circ$ и высоте полета $H = 400$ км сферический радиус зоны обзора достигает величины, равной 350 км, а площадь зоны обзора $\approx 385\,000$ км².

При отклонении оптической оси наблюдения от радиуса-вектора ПКА геометрические размеры зоны обзора земной поверхности возрастают. Зона обзора из круговой формы преобразуется в эллиптическую, большая ось которой перпендикулярна плоскости орбиты космического аппарата. Отклонение оптической оси прибора от радиуса-вектора ПКА смещает центр зоны наблюдения и увеличивает наклонную дальность до объекта наблюдения. При высоте полета 400 км и угле отклонения оптической оси наблюдения от радиуса-вектора на угол $\gamma \leq 40\text{--}50^\circ$, центр зоны наблюдения смещается на 350–450 км, а наклонная дальность увеличивается до 600 км. Увеличение наклонной дальности приводит и к отрицательным последствиям – к ухудшению разрешающей способности.

Азимут поворота оптической оси визирования прибора приводит и к изменению продолжительности наблюдения объектов с борта ПКА. Если плоскость поворота оси визирования совпадает с плоскостью орбиты ПКА, то продолжительность наблюдения объекта максимальна, если расположена под углом 90° , то – минимальна.

2. Всякое изменение параметров зоны обзора приводит к изменению параметров полосы наблюдения. Полоса обзора достигает своего максимального размера, когда угол отклонения оси визирования максимален, а его плоскость отклонения перпендикулярна плоскости орбиты ПКА. Размер полосы обзора минимален, когда плоскость отклонения совпадает с плоскостью орбиты. При углах зрения $\psi \leq 70\text{--}80^\circ$, высоте полета 400 км и угле отклонения оптической оси наблюдения $\gamma \leq 60^\circ$ имеет место сплошной последовательный просмотр поверхности Земли на смежных витках полета ПКА с широты места расположения объекта наблюдения, равной $\varphi \geq 49^\circ$.

3. Размеры зоны наблюдения оказывают влияние и на область географических широт, обслуживаемых оптической системой наблюдения, которая определяется наклоном орбиты и сферическим радиусом полосы обзора земной поверхности. При высоте полета 400 км, угле отклонения оптической оси прибора наблюдения от радиуса-вектора ПКА $\gamma = 40^\circ$ и угле поля зрения аппаратуры $\psi \leq 70^\circ$ область обслуживаемых широт составляет $\varphi = \pm 54^\circ$.

4. Продолжительность наблюдения зависит от географической широты расположения объекта, расположения объекта в зоне наблюдения, угла зрения бортовой аппаратуры и параметров орбиты ПКА. Продолжительность наблюдения объекта при высоте полета ПКА 400 км, угле зрения аппаратуры $\psi \leq 80^\circ$ и располо-

жении объекта наблюдения в центре зоны обзора составит около 80 с, а при удалении объекта от центра зоны на 2° – около 50 с.

При отклонениях объекта наблюдения от центра зоны наблюдения на величину, составляющую 70–75 % от размеров сферического радиуса зоны обзора, продолжительность наблюдения объекта практически не изменяется. При отклонениях более 75 % продолжительность его наблюдения значительно сокращается.

5. Периодичность наблюдения наземных объектов определяется геодезической широтой расположения объекта, геоцентрическим углом полосы наблюдения земной поверхности, параметрами орбиты, угловой скоростью вращения Земли вокруг своей оси.

6. Время наблюдения объекта определяется:

- геодезическими координатами его расположения (широтой и долготой);
- параметрами орбиты (наклоном орбиты и высотой полета космического аппарата), которые определяют положение плоскости орбиты в пространстве;
- гринвичским звездным временем в гражданскую (всемирную) полночь;
- угловой скоростью вращения Земли вокруг своей оси;
- угловой скоростью обращения ПКА по своей орбите.

7. Вероятность обнаружения объекта зависит от угловой скорости движения изображения, углового размера поля зрения, естественного освещения, стратегии поиска и индивидуально-психологических особенностей космонавта-оператора.

Требования и условия по выбору параметров обзора Земли, определяющих качество и эффективность проведения мониторинга наземных объектов в пилотируемом космическом полете с использованием бортовых оптико-визуальных средств наблюдения, целесообразно учитывать при организации и планировании проведения данных работ на борту ПКА специалистами ЦУПа и постановщиками космических экспериментов.

Данные условия могут быть положены в основу при разработке:

- алгоритмического и программного обеспечения комплексной системы мониторинга наземных объектов с использованием космических аппаратов (в том числе беспилотных);
- системы поддержки экипажа, используемой на борту ПКА, для эффективного и качественного выполнения космических экспериментов, связанных с решением задач методом дистанционного зондирования Земли.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Митин А.Т., Митина А.А. Зондирование поверхности Земли из космоса. – Звездный городок: РГНИИЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2008.
- [2] Отчеты о НИР на специальные темы. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2010–2012.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ МАРСИАНСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ И РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКИПАЖА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МИССИЙ К МАРСУ

В.И. Ярополов

Докт. техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации
В.И. Ярополов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье на основе анализа особенностей марсианской экспедиции, оказывающих влияние на обеспечение безопасности полета, выявляются потенциальные источники новых видов опасностей и предлагаются способы борьбы с ними.

Ключевые слова: Марс, марсианская экспедиция, экипаж, опасность, нештатная ситуация, условия полета, конструкция марсианского экспедиционного комплекса, эксплуатация марсианского экспедиционного комплекса, способы борьбы с опасностями.

Analysis of Features of Martian Expedition and Development of Proposals for Ensuring Crew Safety During Missions to Mars. V.I. Yaroplov

The paper reveals potential sources of new threat types and offers the ways to deal with them on the basis of analysis of features of Martian expedition which impact the mission safety.

Keywords: Mars, Martian expedition, crew, danger, off-nominal situation, spaceflight conditions, the structure of Martian habitable complex, operation of Martian habitable complex, ways to deal with dangers.

Основная цель, которая ставилась при написании данной статьи, состояла в том, чтобы проанализировать специфические опасности полета марсианской экспедиции, которые являются следствием ее особенностей, не свойственных ранее выполнявшимся полетам по другим пилотируемым космическим программам, и разработать способы борьбы с ними.

Такой подход к проведению исследований представляется обоснованным, поскольку традиционные опасности, сопровождающие любой космический полет, хорошо известны разработчикам и учитываются ими в проекте даже не в силу заданных в техническом задании (ТЗ) требований по безопасности, а, прежде всего, как следствие определенной культуры производства, выработанной в результате многих десятилетий проектной деятельности и разработки большого числа пилотируемых космических комплексов. Специфические же опасности, свойственные только новому проекту, могут оказаться за пределами поля зрения разработчиков. Поэтому анализ этих опасностей представляет особый интерес.

Детальное изучение концепции марсианской пилотируемой экспедиции, а также других материалов, анализ специфики полета к Марсу и Марса как планеты позволяют сделать вывод о том, что могут быть выделены следующие особенности марсианской экспедиции, оказывающие влияние на обеспечение безопасности полета:

- особенности Марса;
- особенности условий полета на Марс и обратно;
- особенности конструкции марсианского экспедиционного комплекса (МЭК);
- особенности эксплуатации МЭК;
- особенности, имеющие отношение к экипажу марсианской экспедиции;
- особенности организации работ по обеспечению безопасности марсианской экспедиции.

Указанные выше особенности марсианской экспедиции являются потенциальными источниками новых видов опасностей, которые при определенных условиях могут иметь неблагоприятные последствия (приводить к появлению опасных или даже аварийных НшС).

Часть из этих новых видов опасностей, хотя и не встречалась ранее в пилотируемых полетах, известна по другим видам деятельности. Правда, специфика космического полета может существенно изменить условия протекания и процесс развития этих опасностей. Для них хотя и существуют способы борьбы, но они требуют дополнительного анализа и уточнения.

Другие виды опасностей, несмотря на их новизну, имеют очевидные последствия и отличаются ясностью способов борьбы с ними.

И, наконец, существует ряд опасностей, которые совершенно не исследованы, характер их влияния отличается большой неопределенностью, а последствия носят предположительный характер. Понятно, что способы борьбы с ними навскидку (по состоянию на данный момент времени) разработать невозможно. Необходимо проведение специальных исследований и экспериментов.

Результаты анализа всех выявленных новых видов опасностей, которые могут иметь место в процессе полета марсианской экспедиции, их последствий и способов борьбы с ними приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты анализа выявленных новых видов опасностей марсианской экспедиции, их последствий и способов борьбы с ними

Особенности Марса

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Неровности поверхности Марса	Большой наклон поверхности на выбранном месте посадки	Опрокидывание взлетно-посадочного комплекса (ВПК) при посадке на поверхность Марса	Обеспечение возможности наблюдения космонавтами места посадки Оснащение ВПК средствами изменения места посадки в ходе спуска на поверхность Марса Включение космонавтов в контур управления при спуске на поверхность Марса Изменение длины «ног» ВПК
	Большие неровности поверхности на месте посадки ВПК	Невозможность открытия люка (пандуса) на ВПК для выхода из него марсохода	Обеспечение возможности небольшого перемещения ВПК с помощью «ног» Оснащение ВПК резервным люком для выхода через него марсохода
	Наличие утесов многометровой высоты	Опрокидывание взлетно-посадочного комплекса (ВПК) при посадке на поверхность Марса	Обеспечение возможности наблюдения космонавтами места посадки Изменение места посадки в ходе спуска на поверхность Марса Включение космонавтов в контур управления при спуске на поверхность Марса

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Пересеченный рельеф местности на месте посадки взлетного модуля (ВМ) и жилого модуля (ЖМ) на поверхность Марса	Отсутствие прямой видимости между ВМ и ЖМ после посадки на поверхность Марса	Оснащение ВМ и ЖМ средствами взаимного наведения в условиях отсутствия прямой видимости между ними Обеспечение возможности использования траекторного обитаемого модуля (ТОМ) для поиска ВПК (ЖМ)
		Потеря связи между членами экипажа, совершающими перемещение по поверхности Марса, и космонавтами, находящимися в ВПК	Обеспечение возможности ведения связи через ТОМ
Пылеобразный грунт на поверхности Марса	Образование облака пыли от работающих двигателей ВПК в процессе посадки на поверхность Марса	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Марса из-за невозможности выбора места посадки	Зависание ВПК на высоте, исключающей образование облака пыли, с целью выбора места посадки Оснащение ВПК средствами посадки с использованием бортового оборудования для получения изображения подстилающей поверхности
Наличие большого количества камней на поверхности Марса	Наличие камней значительных размеров на выбранном месте посадки	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Марса	Изменение места посадки в ходе спуска на поверхность Марса Включение космонавтов в контур управления при спуске на поверхность Марса Обеспечение возможности наблюдения космонавтами места посадки Изменение длины «ног» ВПК
		Невозможность открытия люка (пандуса) на ВПК для выхода из него марсохода	Обеспечение возможности небольшого перемещения ВПК с помощью «ног» Оснащение ВПК резервным люком для выхода через него марсохода

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Сильные ветры на Марсе	Пылевые бури	Невозможность возвращения марсохода к ВПК в случае отсутствия прямой видимости между ними	Оснащение марсохода средствами навигации для сближения с ВПК и подъема на борт Выбор для посещения Марса периода отсутствия пыльных бурь
		Невозможность возвращения члена экипажа в ВПК в случае отсутствия прямой видимости ВПК	Оснащение члена экипажа, перемещающегося по поверхности Марса, и ВПК средствами взаимного наведения в условиях отсутствия прямой видимости между ними Обеспечение возможности использования ТОМ для поиска ВПК
		Загрязнение иллюминаторов и других оптических поверхностей марсохода и ВПК пылью	Оснащение марсохода и ВПК средствами очистки иллюминаторов и других оптических поверхностей от пыли Выбор для посещения Марса периода отсутствия пылевых бурь
		Проблемы энергоснабжения и освещения ВПК, связанные с невозможностью использования солнечных батарей в период пылевой бури	Обеспечение возможности использования для нужд энергоснабжения и освещения ВПК ядерной энергетической установки, смонтированной на поверхности Марса
		Снижение характеристик эффективности солнечных батарей (СБ) ВПК (ЖМ) в результате оседания пыли на их поверхности	Обеспечение ВПК средствами очистки СБ от пыли
		Занос пылью ядерной энергетической установки (ЯЭУ), смонтированной непосредственно на поверхности Марса	Монтаж ЯЭУ на специальных опорах Обеспечение ЯЭУ средствами ее очистки от заносов пылью
		Изменение характеристик теплосъема с поверхности радиаторов ЯЭУ, смонтированной на поверхности Марса	Обеспечение очистки от пыли поверхности радиаторов ЯЭУ

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Значительная боковая скорость ВПК за счет ветрового сноса во время посадки на поверхность Марса	Опрокидывание ВПК или его волочение парашютной системой, наполненной ветром	Оснащение ВПК системой компенсации его бокового сноса Своевременный отстрел парашютной системы ВПК
Низкая температура поверхности Марса	Среднесуточная температура поверхности на Марсе составляет около -50°C (минимальная -128°C)	Недопустимое снижение температуры внутри ВПК	Использование обогревателей атмосферы жилых отсеков ВПК
		Эксплуатация выходных скафандров в условиях низкой окружающей температуры на Марсе	Разработка способов обеспечения выходных скафандров теплом
		Замерзание компонентов топлива (АТ при -11°C , НДМГ при $-57,2^{\circ}\text{C}$)	Использование обогревателей баков с топливом Использование в качестве компонентов топлива O_2 и CH_4
Бактериологическая опасность Марса	Вероятность наличия микроорганизмов на Марсе	Неконтролируемое развитие марсианских микроорганизмов в новой для них среде	Оснащение ВПК (марсохода) средствами санитарной обработки скафандров при возвращении космонавтов с поверхности Марса в марсоход (ВПК) Оснащение марсохода роботами и манипуляторами для выполнения работ без выхода космонавтов из марсохода на поверхность Марса Обязательное прохождение космонавтами и грузами карантина перед возвращением их на Землю

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Опасность заражения Марса земными микроорганизмами	Отходы жизнедеятельности экипажа в процессе пребывания на поверхности Марса	Загрязнение поверхности Марса бактериологическими компонентами при удалении отходов из ВПК	Обязательное использование мер исключения выброса отходов из ВПК на поверхность Марса
Длительность марсианских суток примерно на 41 мин больше, чем земных	Различие марсианских и земных суток	Десинхронизация у космонавтов в процессе их пребывания на Марсе	Привязка суточной циклограммы деятельности экипажа к земным суткам в процессе пребывания космонавтов на Марсе Анализ возможности адаптации человека к марсианским суткам в процессе полета к Марсу
Пониженная гравитация на поверхности Марса (0,38 g)	Отличие ускорений силы тяжести на Марсе и на Земле	Нарушение координации движений космонавтов	Рациональное планирование деятельности экипажа на поверхности Марса Страховка членов экипажа, выполняющих ВКД на Марсе
		Падение космонавта в скафандре при перемещении по поверхности Марса	Отработка самостоятельного подъема космонавта с поверхности Марса при падениях
	Выполнение космонавтом работ в скафандре в условиях наличия гравитации 0,38 g	Невозможность использования на поверхности Марса существующего скафандра, рассчитанного на работу в условиях отсутствия гравитации	Создание специального скафандра для работы на поверхности Марса (уменьшение веса носимого снаряжения и оборудования за счет минимизации запасов и состава систем скафандра) Использование мобильного модуля поддержки ВКД – самоходной платформы с ресурсами, инструментом и другим оборудованием, необходимыми для выполнения работ на поверхности Марса
		Отличие ускорений силы тяжести на Марсе и на Земле	Космическая болезнь движения

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Затруднения в управлении ВМ при срочном старте сразу после посадки	Максимальная автоматизация операций по управлению ВМ при его срочном старте сразу после посадки
Незначительность доли озона в атмосфере Марса (в 300 раз меньше, чем на Земле)	Мощное ультрафиолетовое излучение Солнца на поверхности Марса	Получение космонавтами ожогов ультрафиолетовым излучением Солнца	Обеспечение защиты космонавтов от воздействия ультрафиолетового излучения Солнца
Низкая напряженность магнитного поля на Марсе	Снижение сопротивляемости организма космонавтов заболеваниям	Повышение уровня заболеваемости космонавтов примерно на 40 %	Обеспечение экипажа средствами повышения устойчивости организма к заболеваниям
	Отсутствие защиты космонавтов магнитным полем Марса от космических излучений	Получение экипажем недопустимой дозы радиации	Наземный прогноз радиационной обстановки Оснащение МЭК средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации, средствами радиометрического и дозиметрического контроля Обеспечение экипажа фармакологическими препаратами для повышения устойчивости организма к воздействию радиации Выбор времени работы экипажа вне ВПК с учетом активности Солнца Разработка мер по недопущению получения экипажем недопустимой дозы радиации в процессе работы на поверхности Марса в скафандре
	Рождение потока вторичных нейтронов от космических лучей	Получение экипажем недопустимой дозы радиации	Разработка мер по недопущению получения экипажем недопустимой дозы радиации в процессе пребывания на поверхности Марса

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Значительная удаленность Марса от Земли (56–400 млн км)	Длительное (от 3 до 22 мин) прохождение радиосигнала от Земли к Марсу или обратно	Невозможность оказания помощи экипажу персоналом Центра управления полетами (ЦУП) в нештатных ситуациях, даже имеющих большой резерв времени на выход из них	Ориентация на автономный режим управления Интеллектуализация бортовых средств управления Возложение на экипаж функций по принятию стратегических решений Отбор членов экипажа по таким качествам, как живой ум, нестандартность мышления, изобретательность и широта кругозора
		Невозможность эффективного управления МЭК в реальном масштабе времени	Реализация возможности оперативного (в реальном масштабе времени) управления МЭК силами экипажа
	Невозможность общения с семьями и близкими в реальном масштабе времени	Чрезвычайно ограниченные возможности психологической поддержки экипажа с Земли	Разработка новых подходов к системе психологической поддержки экипажа с использованием опыта полярных научных экспедиций и опыта работы в длительной изоляции от внешнего мира экипажей подводных лодок
Покидание околоземной орбиты	Невозможность доставки на борт марсианского корабля расходных материалов и невозобновляемых ресурсов, ЗИПа и других грузов	Обеспечение безотказности бортовых систем Функциональное резервирование Оптимизация ЗИПа Обеспечение ремонтпригодности оборудования Обеспечение экипажа расширенным комплектом инструмента (обычного, специального) и приспособлений к нему с учетом всего возможного комплекса монтажных, юстировочных, ремонтных и диагностических работ Оснащение МЭК специально оборудованным местом для проведения ремонта и производства новых деталей Обеспечение экипажа справочными материалами по бортовым системам и МЭК в целом Создание гарантированных запасов расходных материалов и невозобновляемых ресурсов	

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Большая длительность полета (около 0,5 года в одном направлении при общей длительности около 1,5 лет)	Выход точности показаний измерительных приборов за пределы допусков	Разработка способов метрологического обеспечения измерительных систем МЭК
		Эксплуатация бортового оборудования без учета его реального технического состояния, внесенных изменений в конструкцию, схемы и логику работы	Оперативная корректировка бортовой документации с учетом реального технического состояния бортовых систем и научной аппаратуры, реальных условий деятельности экипажа, внесенных изменений в конструкцию, схемы и логику функционирования
		Образование большого количества бытовых отходов и мусора	Оснащение МЭК средствами спрессовывания и утилизации бытовых отходов и мусора Оснащение МЭК специальным отстреливаемым модулем для хранения бытовых отходов и непригодного (неисправного, отработавшего или просрочившего ресурс) оборудования или средствами их удаления из МЭК путем шлюзования
		Появление неприятного запаха от контейнеров с бытовыми отходами	Использование тары, обеспечивающей герметичность в процессе всего срока хранения бытовых отходов на борту МЭК Переработка бытовых отходов
		Образование большого количества пыли	Включение в состав оборудования МЭК пылесоса, обеспечивающего влажную уборку помещений Регулярное проведение чистки от пыли Установка пылеулавливателей Регулярная смена пылесборников Использование космонавтами в необходимых случаях респираторов и защитных очков

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Утрата контроля за количеством и состоянием расходуемых средств (ресурсов) и ЗИПа	Оснащение МЭК системой инвентаризации расходуемых средств (ресурсов) и ЗИПа
		Ухудшение оптических характеристик иллюминаторов	Установка на иллюминаторы быстро открывающихся прозрачных защитных крышек Обеспечение возможности чистки наружных поверхностей стекол иллюминаторов
		Разрушение часто перестыковываемых кабелей в местах их заделки в разъемы	Обеспечение надежности часто перестыковываемых кабелей в местах их заделки в разъемы Принятие конструктивных мер, исключающих перестыковку кабелей
		Выход из строя часто используемых резьбовых соединений, петель на панелях интерьера, штепсельных разъемов с резьбовыми соединениями	Использование для крепления защелок Использование износостойчивых материалов Использование штепсельных разъемов без резьбовых соединений
		Постоянное выпадение конденсата в холодных местах	Нанесение специального водонепроницаемого внешнего покрытия на электрические кабели, проложенные рядом с местами выпадения конденсата Исключение размещения датчиков температуры и штепсельных разъемов в местах скопления влаги Улучшение вентиляции мест скопления влаги Теплоизоляция холодных мест с обеспечением ее герметичности Предотвращение попадания в атмосферу МЭК большого количества влаги Оснащение МЭК средствами удаления конденсата

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Стирание (потеря контрастности) маркировки жизненно важных органов управления, блоков аппаратуры, разъемов, панелей интерьера (в том числе на внешней поверхности МЭК)	Нанесение маркировки методом гравировки Обеспечение возможности повторного нанесения маркировки экипажем
		Образование вокруг МЭК облака частиц фольги, экранно-вакуумной теплоизоляции и краски, которые мешают проведению наблюдений	Учет при проведении наблюдений с борта МЭК состояния его атмосферы
		Необходимость обмена конфиденциальной или закрытой информацией с Землей	Оснащение МЭК закрытым каналом связи для переговоров членов экипажа с руководителем полета, врачами, членами семьи
		Заражение компьютерными вирусами программного обеспечения ЭВМ при передаче сообщений на МЭК с Земли	Введение в ЦУПе процедур, гарантированно исключающих проникновение компьютерных вирусов в программное обеспечение ЭВМ МЭК
		Утрата навыков выполнения жизненно важных операций, выполнение которых возможно в исключительных случаях или планируется на конец перелета (полета)	Периодическое проведение тренировок (каждые 3–4 месяца) Проведение тренировок на заключительном этапе перелета (полета)
		Нерациональное распределение загрузки экипажа выполнением работ в процессе полета	Строгое соблюдение режима труда и отдыха экипажа Запрет на выполнение работ в выходные дни Равномерная загрузка экипажа выполнением работ в процессе всего полета

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Дефицит информации о событиях, происходящих в странах проживания членов экипажа и в мире	Регулярная передача на МЭК сообщений о событиях, происходящих в странах проживания космонавтов и в мире
		Отрыв от семейной обстановки	Организация регулярного общения космонавтов с членами их семей
		Эмоциональное обеднение субъективной сферы личности членов экипажа	Создание на МЭК музыкального фонда и библиотеки для чтения с учетом индивидуальных вкусов космонавтов
		Отсутствие альтернативных сфер приложения усилий членов экипажа при жесткой регламентации их деятельности	Отбор в состав экипажа творчески активных личностей, сфера интересов которых совпадает с полетной деятельностью Регулярное планирование экипажу работ на ближайшую перспективу
		Недооценка Землей трудностей выполнения задач полета на фоне высокой самооценки членами экипажа результатов своей деятельности	Своевременное информирование членов экипажа о результатах выполненной ими работы (научного эксперимента или исследования), ценности полученных ими данных
		Деграция результатов экспериментов под воздействием температуры, радиации, влажности	Создание условий для обеспечения сохранности результатов экспериментов на борту МЭК Использование цифровых фотоаппаратов Использование цифровых носителей информации Дублирование результатов исследований и экспериментов с помощью носителей информации, построенных на иных физических принципах
		Дефицит неформального (дружеского) общения членов экипажа	Регулярное проведение мероприятий в составе всего коллектива экипажа

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Физиологическая адаптация, адаптация к световой и звуковой обстановке на МЭК, пространственная, двигательная и профессиональная адаптация космонавтов	Учет при организации деятельности экипажа степени его адаптации к факторам космического полета
		Снижение устойчивости организма космонавтов к заболеваниям	Принятие в ходе полета адекватных профилактических и лечебных медицинских мер Размещение на всех модулях МЭК аппаратуры очистки атмосферы от бактерий и грибков Введение индивидуальных или разовых средств личной гигиены и приема пищи
		Существенно ограниченные возможности космонавтов по выполнению деятельности в процессе посадки ВПК на поверхность Марса и в начальный период после посадки	Максимальная автоматизация процесса посадки ВПК на поверхность Марса Разработка комплекса мер по снижению влияния гравитации Марса на состояние и деятельность космонавтов
		Гибель члена экипажа в результате аварии, несчастного случая или от смертельной болезни	Разработка предложений в Межпланетный биоэтический кодекс в части процедур похорон космонавта или доставки его тела на Землю
		Изменение размеров тела космонавта в процессе полета, в результате чего жесткий ложемент кресла транспортного корабля перестает соответствовать возросшим размерам тела космонавта (возможна травма позвоночника при посадке на Землю)	Обеспечение членов экипажа тренировочно-нагрузочными костюмами, создающими нагрузку на плечи Оснащение возвращаемого аппарата (ВА) креслами для космонавтов с возможностью подгонки их размеров под реальные размеры тела космонавта перед посадкой на Землю

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Порча продуктов питания	Обеспечение сохранности продуктов питания на срок до 1,5 лет
		Утеря свойств кожи на подошвах ступней ног, вызывающая боль при ходьбе после посадки на Марс или Землю	Регулярный бег босиком по беговой дорожке перед спуском (по 6 мин в течение 1 месяца)
		Утрата контрастности окраски подложки и креста стыковочной мишени, приводящая к трудности различения креста на фоне подложки и невозможности определения взаимного положения стыкующихся аппаратов на орбите искусственного спутника Марса (ИСМ)	Выбор способа окраски стыковочной мишени, не приводящего к изменению цвета
		Повреждение корпускулярным излучением ПЗС-матриц, карт памяти и других электронных компонентов высокой плотности	Изыскание путей защиты ПЗС-матриц, карт памяти и других электронных компонентов высокой плотности от воздействия корпускулярного излучения Регулярное тестирование (как в ручном, так и в автоматическом режиме) ПЗС-матриц, карт памяти и других электронных компонентов высокой плотности для выявления повреждений и последующего исключения программными средствами дефектных участков из использования при работе компьютеров и компьютерных устройств Регулярная переустановка программного обеспечения компьютеров как в ручном, так и в автоматическом режимах

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Износ бортовой документации, выполненной в виде твердых копий	Перевод бортовой документации на электронные носители информации
Отсутствие земных аналогов среди элементов марсианской обстановки	Невозможность глазомерного определения расстояния до выбранного места посадки ВПК	Аварийная посадка ВПК на поверхность Марса	Отработка навыков глазомерного определения расстояния до выбранного места посадки
<i>Особенности условий полета на Марс и обратно</i>			
Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Космический мусор в околоземном пространстве	Столкновение с объектами искусственного происхождения (ОИП) в процессе полета МЭК по околоземной орбите и схода с нее на траекторию полета к Марсу	Разгерметизация элементов МЭК	Прогнозирование возможности столкновения ОИП с МЭК с использованием наземных средств Выполнение маневра уклонения МЭК от столкновения с ОИП Выбор околоземных орбит движения МЭК, минимизирующих вероятность столкновения с ОИП Установка защиты МЭК от столкновения с малогабаритными ОИП
	Пробой корпуса МЭК	Разгерметизация элементов МЭК	Оснащение МЭК средствами поиска и заделки места пробоя Обеспечение возможности доступа к любому месту корпуса МЭК как изнутри, так и снаружи его Создание на МЭК запасов воздуха для наддува отсеков после заделки пробоя
Микрометеоритный поток	Эрозия СБ, имеющих тонкопленочную структуру (0,5–0,7 мкм)	Потеря мощности СБ	Защита поверхности СБ Резервирование СБ по мощности
	Пробой корпуса МЭК	Разгерметизация элементов МЭК	Оснащение МЭК средствами поиска и заделки места пробоя Обеспечение возможности доступа к любому месту корпуса МЭК как изнутри, так и снаружи его Создание на МЭК запасов воздуха для наддува отсеков после заделки пробоя

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Гелиофизическое воздействие	Электризация поверхности МЭК	Выход из строя электронных систем МЭК	Защита поверхности МЭК от электризации Выбор времени старта и полета элементов МЭК с учетом активности Солнца
Радиационные пояса Земли	Облучение экипажа	Получение экипажем недопустимой дозы радиации	Обеспечение быстрого прохождения МЭК радиационных поясов Земли Оснащение экипажа средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации
Галактическое излучение	Облучение экипажа	Получение экипажем недопустимой дозы радиации	Оснащение МЭК средствами радиометрического и дозиметрического контроля Обеспечение экипажа МЭК фармакологическими препаратами для повышения устойчивости организма к воздействию радиации Оснащение экипажа МЭК средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации
Низкая напряженность магнитного поля в космическом пространстве	Снижение сопротивляемости организма космонавтов заболеваниям	Повышение уровня заболеваемости космонавтов примерно на 40 %	Обеспечение экипажа МЭК средствами повышения устойчивости организма к заболеваниям
Корпускулярное излучение солнечных вспышек	Облучение экипажа	Получение экипажем недопустимой дозы радиации	Наземный прогноз радиационной обстановки по траектории полета МЭК Выбор времени старта и полета элементов МЭК с учетом активности Солнца Оснащение МЭК средствами радиометрического и дозиметрического контроля Обеспечение экипажа МЭК фармакологическими препаратами для повышения устойчивости организма к воздействию радиации Оснащение экипажа МЭК средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации
	Электризация поверхности МЭК в результате гелиогеофизического воздействия на них	Выход из строя электронных систем МЭК	Выбор времени старта и полета элементов МЭК с учетом активности Солнца

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Однообразие визуальной картины за бортом МЭК, отрыв от привычной, богатой красками и разнообразием обстановки меняющейся во времени поверхности Земли	Угнетающее воздействие на психику членов экипажа МЭК	Депрессивное состояние членов экипажа МЭК	Разработка мер предотвращения развития у членов экипажа МЭК депрессивных состояний Разработка новых подходов к системе психологической поддержки экипажа МЭК с использованием опыта полярных научных экспедиций и опыта работы в длительной изоляции от внешнего мира экипажей подводных лодок
Ощущение членами экипажа МЭК невозможности возврата на Землю раньше, чем через два-три года	Угнетающее воздействие на психику членов экипажа МЭК	Депрессивное состояние членов экипажа МЭК	Разработка мер предотвращения развития у членов экипажа МЭК депрессивных состояний Разработка новых подходов к системе психологической поддержки экипажа с МЭК использованием опыта полярных научных экспедиций и опыта работы в длительной изоляции от внешнего мира экипажей подводных лодок
Невозможность срочного прекращения полета и возвращения на Землю	Возникновение серьезных травм и болезней	Гибель членов экипажа	Отбор в экипаж МЭК космонавтов, у которых отсутствуют заболевания, которые могут проявиться или обостриться в космическом полете Принятие конструктивных мер, минимизирующих число возможных аварийных ситуаций в процессе полета МЭК Обеспечение экипажа МЭК медицинскими и фармакологическими средствами выхода из аварийных ситуаций, связанных с состоянием здоровья космонавтов
Возникновение необходимости в переливании крови в процессе полета МЭК	Отсутствие на борту МЭК донорской крови	Гибель члена экипажа МЭК	Отбор в состав экипажа МЭК лиц с совпадающей группой крови

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Выход организма человека из системы социальных и геофизических «датчиков времени», ответственных за синхронизацию биоритмов	Нарушение биоритмов	Развитие у членов экипажа МЭК десинхроноза	Разработка мер предотвращения развития у членов экипажа МЭК десинхроноза Разработка новых подходов к системе психологической поддержки экипажа МЭК с использованием опыта полярных научных экспедиций и опыта работы в длительной изоляции от внешнего мира экипажей подводных лодок
<i>Особенности конструкции марсианского экспедиционного комплекса</i>			
Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Нежесткость конструкции элементов МЭК	Резонансные колебания конструкции МЭК или его элементов при работе двигателей, вращении центрифуги или в процессе деятельности экипажа	Разрушение элементов конструкции МЭК	Выбор параметров работы двигателей МЭК и темпа двигательной активности космонавтов (выполнения ими физических упражнений), исключающих возникновение недопустимых колебаний конструкции комплекса в целом или его элементов Демпфирование центрифуги и бегущей дорожки
Ограниченное значение КПД (95 %) преобразователей напряжения солнечной энергетической установки (СЭУ) большой мощности	Наличие на МЭК источников тепловыделения общей мощностью 300 кВт	Перегрев элементов оборудования МЭК	Установка системы отвода тепла с преобразователей напряжения и тепловых радиаторов МЭК
Большие габариты солнечных батарей	Создание двигателями большой тяги ускорения величиной около 0,01–0,03 g (тяга ДУ 6–18 т при массе МЭК 620 т)	Деформация ферм и СЭУ, разрушение узла крепления под воздействием ускорения 0,01–0,03 g во время работы ДУ большой тяги (создаваемый момент при массе СБ 24 т и плече 125 м – 30–90 мм)	Уменьшение тяги маршевой ДУ МЭК Изменение конструкции солнечных батарей Замена солнечных батарей на альтернативный источник энергии меньших габаритов

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Большая мощность солнечных батарей МЭК	Коммутация больших мощностей (до 6 <i>MВт</i>)	Возможность возникновения пожара	Отработка способов коммутации больших мощностей в условиях космического полета
Использование на МЭК электрических реактивных двигателей (ЭРД)	Использование высоких напряжений на борту МЭК (2600–5000 В)	Поражение космонавтов электрическим током высокого напряжения	Принятие комплекса мер по обеспечению безопасности космонавтов при работе с высокими напряжениями
	Выброс плазмы при работе ЭРД МЭК	Создание помех связи	Степень влияния на связь подлежит определению
	Длительное действие малых перегрузок	Попадание конденсата в опасные места	Выявление механизма влияния длительного воздействия малых перегрузок на функционирование МЭК
Использование в составе МЭК ядерной энергетической установки (ЯЭУ)	Ограниченный КПД ядерной энергетической установки (около 14 %)	Наличие источника тепловыделения мощностью около 43 <i>MВт</i> при малой излучающей поверхности у ЯЭУ (в отличие от СБ)	Установка системы отвода тепла с ЯЭУ МЭК и ее теплового радиатора
	Радиация от ЯЭУ	Получение космонавтами недопустимой дозы радиации за время полета	Установка радиационной защиты ЯЭУ Оснащение МЭК средствами радиометрического и дозиметрического контроля, фармакологическими препаратами Оснащение экипажа МЭК средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации
	Авария в процессе выведения ЯЭУ на орбиту или ее вывод на штатную орбиту	Ядерная и радиационная опасность для населения, располагающегося вдоль трассы выведения и полета элемента МЭК с ядерной энергетической установкой, в случае его аварийного падения на Землю	Принятие комплекса мер по обеспечению ядерной и радиационной безопасности населения, располагающегося вдоль трассы выведения и полета элемента МЭК с ядерной энергетической установкой, в случае аварийного падения этого элемента МЭК на Землю или угрозы схода ЯЭУ с орбиты

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Использование посадочных опор на взлетно-посадочном комплексе	Нераскрытие посадочных опор на ВПК	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Марса	Исключение возможности отказа одновременно более одной опоры
		Ударная перегрузка ВПК при посадке на поверхность Марса	Использование двигателей мягкой посадки
		Невозможность открытия люка (пандуса) на ВПК для выхода из него марсохода	Изменение способа выхода марсохода из ВПК (изменение места расположения люка на ВПК)
Использование марсохода	Отказ марсохода для передвижения экипажа от ВМ к ЖМ	Невозможность длительного пребывания космонавтов на Марсе	Разработка альтернативного способа перемещения экипажа от ВМ к ЖМ
	Отказ марсохода для передвижения экипажа от ЖМ к ВМ	Невозможность покидания экипажем Марса	Разработка альтернативного способа перемещения экипажа от ЖМ к ВМ
<i>Особенности эксплуатации марсианского экспедиционного комплекса</i>			
Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Несвоевременное выключение тормозной двигательной установки МЭК при переходе с гиперболической траектории спуска на десантную орбиту ИСМ	Вывод МЭК на нерасчетную орбиту	Гибель экипажа	Обеспечение возможности расчета экипажем МЭК параметров дополнительного корректирующего импульса и выдачи его с помощью двигательной установки МЭК
Использование атмосферы Марса для перевода ВПК с гиперболической траектории спуска на десантную орбиту	Большое тепловыделение при входе в атмосферу Марса	Сгорание ВПК при входе в атмосферу Марса	Обеспечение теплозащиты ВПК

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Непрохождение процесса отделения ВПК от МЭК при выполнении спуска ВПК с десантной орбиты ИСМ на поверхность Марса	Невозможность посадки ВПК на поверхность Марса	Срыв программы полета МЭК	Оснащение МЭК средствами аварийного отделения от него ВПК экипажем
Несвоевременное выключение тормозной двигательной установки при спуске ВПК с десантной орбиты ИСМ на поверхность Марса	Вывод ВПК на нерасчетную орбиту	Гибель экипажа	Обеспечение возможности расчета экипажем ВПК параметров дополнительного корректирующего импульса, ввода им уставок и выдачи этого импульса с помощью двигательной установки ВПК
Ошибки управления МЭК экипажем при выполнении полета по десантной орбите ИСМ на высотах 15 ... 100 км для определения предполагаемой точки посадки	Неправильный выбор места посадки ВПК на поверхность Марса	Гибель экипажа	Оснащение МЭК бортовым тренажером для поддержания навыков управления ВПК в моделируемых условиях подстилающей поверхности и орбитальной скорости на десантной орбите ИСМ Использование бортовых тренажеров МЭК космонавтами для поддержания навыков управления ВПК в моделируемых на тренажерах условиях: подстилающей поверхности и орбитальной скорости на десантной орбите ИСМ
Отказ тормозной двигательной установки ВПК в процессе посадки	Столкновение ВПК с поверхностью Марса	Травмирование или гибель экипажа	Резервирование тормозной двигательной установки ВПК, работающей в процессе посадки на поверхность Марса
Доставка грузов с поверхности Марса на ВМ	Нарушение центровки ВМ	Ошибки выведения на орбиту ИСМ, перерасход топлива	Обеспечение экипажа указаниями с Земли по укладке грузов в ВМ Оснащение ВМ расчетными программами для ЭВМ по центровке грузов

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Попадание марсианской пыли в атмосферу ВМ	Микробиологическое заражение ВМ и его экипажа	Обеспечение экипажа требованиями к упаковке грузов Оснащение ВМ средствами очистки грузов от пыли Использование вспомогательного барьерного (по микробиологической опасности) шлюза для обеспечения ВКД на поверхности Марса Герметизация грузов, взятых с поверхности Марса
	Разлетание грузов по ВМ после выведения на орбиту ИСМ	Создание помех выполнению экипажем жизненно важных операций	Оснащение ВМ средствами фиксации грузов
Старт ВМ с поверхности Марса	Отсутствие традиционной стартовой системы	Невозможность стыковки ВМ с траекторным обитаемым модулем (ТОМ) из-за ошибок выведения по элементам орбиты, особенно в случае аварийного старта с поверхности Марса	Обеспечение навигационной привязки места старта, выставления положения ВМ для пуска, определения стартового окна
Невыполнение выведения ВМ на орбиту ИСМ	Невозможность стыковки ВМ с ТОМ	Гибель экипажа	Разработка конструктивных мер, исключающих выдачу нерасчетного импульса двигательной установкой ВМ
Срыв операции сближения ВМ с ТОМ	Невозможность стыковки ВМ с ТОМ	Гибель экипажа	Функциональное резервирование выполнения операции сближения ВМ с ТОМ Резервирование автоматического контура режимом ручного сближения
Стыковка космических аппаратов на орбите ИСМ	Неразличимость аппарата-цели на фоне подстилающей поверхности Марса	Срыв стыковки	Выбор адекватного направления захода на цель Использование контрастной окраски аппарата-цели

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Непрохождение стыковки ВМ с ТОМ на орбите ИСМ	Невозможность перехода экипажа из ВМ в ТОМ	Гибель экипажа	Разработка конструктивных мер, исключающих невыполнение операции стыковки ВМ с ТОМ
Невозможность перехода космонавтов из ВМ в ТОМ после стыковки	Ограниченность ресурсов ВМ для длительного пребывания на нем экипажа	Гибель экипажа	Разработка конструктивных мер, исключающих невыполнение операции открытия переходного люка между ВМ и ТОМ
Вход ВА в атмосферу Земли под углом менее 7° из-за ошибки в расчете тормозного импульса	«Проскок» ВА атмосферы Земли и уход на высокоэллиптическую орбиту	Гибель экипажа	Обеспечение определения реального состояния атмосферы Земли в результате гелиогеофизического воздействия на нее и его оперативный учет при расчете значения тормозного импульса для ВА
Вход ВА в атмосферу Земли под углом более 7° из-за ошибки в расчете тормозного импульса	«Зарывания» ВА в атмосферу и возникновение в результате этого опасных перегрузок, превышающих 10–20 g	Опасность травмирования или гибели членов экипажа	Обеспечение определения реального состояния атмосферы Земли в результате гелиогеофизического воздействия на нее и его оперативный учет при расчете значения тормозного импульса для ВА
Разрушение (полное или частичное) корпуса ВА в результате теплового и силового воздействия на него при входе в атмосферу Земли в условиях неблагоприятной солнечной активности	Воздействие на членов экипажа вакуума и высокой температуры	Гибель экипажа	Применение теплозащитных материалов, обеспечивающих целостность ВА в критических зонах движения

Продолжение таблицы 1

<i>Особенности, имеющие отношение к экипажу марсианской экспедиции</i>			
Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Невозможность возвращения космонавтов на Землю в случае возникновения у них серьезных заболеваний	Возникновение заболеваний космонавтов, требующих хирургического вмешательства	Необходимость проведения хирургической операции на борту МЭК	Оснащение МЭК операционной и средствами проведения медицинских анализов, визуализации внутренних органов, компьютерной диагностики заболеваний, реанимации Включение профессионального врача в состав экипажа Обеспечение экипажа донорской кровью или подбор членов экипажа с учетом группы крови
Генетическая предрасположенность космонавта к смертельной болезни	Смертельное заболевание космонавта в процессе полета	Гибель космонавта	Анализ ДНК членов экипажа МЭК на предмет выявления наследственных заболеваний в период, предшествующий полету
Формирование экипажа в разнополом варианте	Зачатие ребенка в процессе полета	Роды ребенка в условиях космического полета	Формирование экипажа в однополом варианте
	Возникновение конфликтов в мужской части экипажа на базе ревности	Нарушение нормальной деятельности экипажа в целом	Формирование экипажа в однополом варианте
Комплектование экипажа МЭК представителями разных стран-партнеров по проекту	Разный менталитет членов экипажа МЭК	Возникновение конфликтов в экипаже МЭК	Создание условий для постоянного бытового общения членов экипажа МЭК и их семей в процессе подготовки к полету Специальная культурная подготовка космонавтов Специальная психологическая подготовка к полету с учетом национальных и индивидуальных особенностей членов экипажа Разработка Кодекса поведения экипажа МЭК (Правил урегулирования конфликтов) Комплектование экипажа МЭК членами одной страны-партнера

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Языковой барьер	Замедленное выполнение действий в условиях дефицита времени аварийной ситуации, недостаточные взаимопонимание и согласованность действий в экипаже МЭК	Изучение языков международных партнеров Создание двуязычных (многоязычных) словарей терминов, понятий и аббревиатур, используемых в полете Создание двуязычной (многоязычной) бортовой документации с идентичным размещением материалов на страницах Реализация бортового интерфейса, используемого в аварийных ситуациях, в виде, учитывающем возможность пользования им членами экипажа разных международных партнеров
<i>Особенности организации работ по обеспечению безопасности марсианской экспедиции</i>			
Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Международный характер подготовки и реализации экспедиции на Марс	Разные концепции обеспечения безопасности у международных партнеров	Снижение уровня обеспечения безопасности проекта	Разработка и принятие международными партнерами единой концепции обеспечения безопасности
	Несо согласованные действия международных партнеров по обеспечению безопасности	Неустраненные опасности в элементах проекта и в проекте в целом	Определение ответственности международных партнеров за решение вопросов обеспечения безопасности Создание коллективного органа управления обеспечением безопасности с участием всех международных партнеров
	Разные подходы международных партнеров к организации и методическому обеспечению работ в области обеспечения безопасности	Несовместимость числовых и качественных характеристик безопасности, технических и технологических решений	Обеспечение единого для международных партнеров подхода к организации и методическому обеспечению работ в области обеспечения безопасности Введение единой для международных партнеров системы терминов, понятий и определений в области обеспечения безопасности

Окончание таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
			Разработка единой для международных партнеров системы нормативно-технической документации по обеспечению безопасности Обеспечение совместимости технических и технологических решений международных партнеров при решении вопросов обеспечения безопасности
	Подготовка космонавтов на базах разных международных партнеров	Неполная по объему или недостаточная по уровню подготовка космонавтов	Обеспечение цельности программы подготовки космонавтов к действиям в нештатных ситуациях с учетом участия в ней нескольких международных партнеров Введение единого порядка сертификации международными партнерами космонавтов по вопросам готовности их к действиям в нештатных ситуациях космического полета

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Афанасьев И. Зачем лететь к планетам? И если лететь, то на чем? // Новости космонавтики. – № 9. – 2008. – С. 61–62.
- [2] Афанасьев И. Российские планы марсианской экспедиции // Новости космонавтики. – № 10. – 2002. – С. 28–31.
- [3] Бабкин А.Н. Формирование технико-эргономических требований к системе средств внекорабельной деятельности экипажа на поверхности Марса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – МАИ, М., 2006.
- [4] Бугров В.Е. Марсианский проект Королёва. Фонд содействия авиации «Русские витязи». – М., 2007. – 200 с.
- [5] Грек А. Марсианские хроники. Несостоявшееся будущее // Популярная механика. – № 12. – 2002.
- [6] Грек А. Марсианский десант. С Голубой планеты на Красную // Популярная механика. – № 11. – 2005.
- [7] Григорьев А.И., Потапов А.Н. Пилотируемая экспедиция на Марс: медико-биологические проблемы // Земля и Вселенная. – № 6. – 1999.
- [8] Григорьев А.И. Курс на Марс // Медицинский вестник. – № 16. – 2003.
- [9] Давидюк А. Биоэтика межпланетных полетов // Российский космос. – № 6. – 2007. – С. 16–19.
- [10] Жарков В.Н., Мороз В.И. Почему Марс? // Природа. – № 6. – 2000. – С. 58–67.
- [11] Зеленый Л.М. Марс, Луна, Юпитер, Венера – таков план России по освоению космических пространств на ближайшие десятилетия. Газета.ру, 03.04.2011.
- [12] Космонавтика XXI века. Попытка прогноза развития до 2101 года / Под ред. акад. РАН Б.Е. Чертока. – М.: Издательство «РТСофт», 2010. – 864 с.

- [13] Лебедев В.В. А нужны ли мы Марсу? // Наука и жизнь. – № 1. – 2007. – С. 58–61.
- [14] Лебедев В.В. На Марс по околоземной орбите. По силам ли человеку странствия в космосе // Советская Россия, 30 июня 2009 г., № 67.
- [15] Лебедев В.В. Миссия человека в космосе // Советская Россия, 17 июня 2008 г.
- [16] Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди. – М.: Издательство «РТСофт», 2005. – 752 с.
- [17] Пестов И.Д. Биоэтические оценки безопасности межпланетных полетов // Человек. – № 2. – 2007.
- [18] Семенов В.Ф. Летим на Марс // Авиапанорама. – № 3. – 2002. – С. 68–69.
- [19] Ушаков И.Б. Космос, медицина, здоровье. Космический форум-2011: Пилотируемые полеты в космос. Космическая биомедицина и жизнеобеспечение (18–21 октября 2011 г.). Роскосмос, РАН, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», ГНЦ РФ – ИМБП РАН.
- [20] Циблиев В.В., Наумов Б.А., Саев В.Н., Щербаков М.В., Ярополов В.И. Что ждет экипаж при полете на Марс и как к этому готовиться // Полет. – № 1. – 2009. – С. 14–17.
- [21] Ярополов В.И. Использование Международной космической станции для отработки вопросов обеспечения безопасности полета на Марс // Пилотируемые полеты в космос. – № 1 (1)/2011. – С. 143–151.
- [22] Ярополов В.И. Трамплин для броска на Марс // Российский космос. – № 6. – 2006. – С. 28–32.
- [23] Ярополов В.И. Учебник по курсу «Основы обеспечения безопасности экипажей пилотируемых космических аппаратов». – Звездный городок, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2010. – 316 с.
- [24] Ячменникова Н. Марсианские хроники по русскому сценарию // Российская газета, 12 апреля 2002 г.
- [25] Ячменникова Н. На ядерном буксире. На чем и куда будем летать в космосе? // Российская газета, 28 сентября 2010 г.

ГИДРОЛАБОРАТОРИЯ И ЦЕНТРИФУГА ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ



Фото из архива Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА ПЕРВОЙ ДЕСАНТНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ МАРСА

О.С. Цыганков

Докт. техн. наук, профессор МАИ, заслуженный конструктор РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, академик РАКЦ О.С. Цыганков (РКК «Энергия» им. С.П. Королёва)

Рассмотрена проблема моделирования в наземных условиях внекорабельной деятельности экипажа первой экспедиции на поверхность планеты Марс, обоснованы необходимость, цели и метод моделирования, сочетающий когнитивно-эмпирический подход с полунатурным физическим моделированием, декларированы ожидаемые результаты моделирования, определяющие отношение к сегменту искусственной тяжести в структуре межпланетного экспедиционного комплекса.

Ключевые слова: невесомость, ортостатическая неустойчивость, система профилактики, искусственная тяжесть, центрифуга, работоспособность экипажа.

Simulation of Eva of the First Landing Crew on the Martian Surface.

O.S. Tsygankov

The paper discusses the problem of ground-based simulation of extravehicular activity of the first landing crew on the Martian surface. It also proves the necessity, purposes and method of simulation, which combines cognitive-experiential approach and semi-realistic physical simulation, shows anticipated results of simulation that determine the relation to the segment of artificial gravity within the infrastructure of interplanetary expedition complex.

Keywords: weightlessness, postural instability, countermeasure system, artificial gravity, centrifuge, performance capability of a crew.

С начала третьего тысячелетия планета Марс является наиболее приоритетным объектом исследований в ближнем космосе. Эскалация исследований способствует накоплению информации и все более полному пониманию особенностей природы Марса. Однако при этом как у нас в стране, так и за рубежом, отсутствуют соответственно параллельные исследования, посвященные взаимодействию человека с этими особенностями, в частности, в отношении наиболее гравитационно зависимой двигательной деятельности вне корабля.

Первую попытку публично обратить внимание на это обстоятельство автор предпринял в 2004 году в статье «Десант на Марс» [1]. Имел место еще ряд публикаций с изложением как результатов некоторых локальных экспериментальных оценок, так и предложений, содержащих обоснование необходимости и возможности осуществления в наземных условиях модельного эксперимента в интересах исследования, прогнозирования, получения ситуационного опыта и новых знаний о возможной деятельности экипажа первой экспедиции на поверхности Марса [2, 3, 4].

Если обратиться к истории внекорабельной деятельности (ВКД) в отечественной космонавтике, то очевидно, что, начиная с первого выхода в открытый космос, затем внешнего перехода из «Союза-5» в «Союз-4», средства ВКД и действия космонавтов непременно с опережением исследовались и отрабатывались в процессе полунатурного физического моделирования [5]. Тем в большей степени это подтверждается относительно подготовки инженерно-технологических и учебно-тренировочных задач ВКД для орбитальных станций «Салют», «Мир», РС МКС, а

также для деятельности на поверхности Луны в рамках программы Н1-Л3. Моделирование в наземных условиях ВКД на поверхности Марса также должно стать обязательным этапом подготовки не только к собственно межпланетному полету, но и к разработке проекта межпланетного экспедиционного комплекса (МЭК).

Цели и задачи, технология и оборудование, преимущества и недостатки различных способов моделирования ВКД в традиционной постановке задачи хорошо известны отраслевым специалистам. Проблема моделирования ВКД применительно к первой экспедиции на Марс также должна быть четко детерминирована как по целям и методу решения, так и по ожидаемым результатам.

Усматриваются следующие взаимосвязанные и взаимообусловленные цели моделирования.

Первая цель. Оценка и прогноз дееспособности космонавта при высадке на поверхности Марса после перелета. Более развернуто вопрос формулируется следующим образом: сможет ли космонавт после межпланетного перелета в условиях невесомости, без реадаптации к 0,38 g, на фоне возможной ортостатической неустойчивости, атаксии и других синдромов невесомости, поддерживать присутствующую человеку вертикальную позу тела и свой статус «человека прямоходящего» (*homo erectus*), способность к пешему передвижению, противостоянию ветровым нагрузкам, характерным для атмосферы Марса, и подъему на ноги в случае падения, то есть быть физически и профессионально работоспособным в марсианских условиях.

Для достижения данной цели моделирования осуществляется решение следующих задач:

- формирование адекватного состояния организма испытуемого;
- имитация объектов инфраструктуры и среды деятельности;
- операционная деятельность по проекту сценария для десантной группы.

Вторая цель. Определение отношения к искусственной тяжести в структуре межпланетного экспедиционного комплекса. Достигается цель путем анализа результатов, полученных на стадии моделирования.

Из рассмотрения применяемых методов замещения невесомости следует, что в условиях Земли создать искусственную микрогравитацию, достаточную по длительности для формирования адекватного состояния организма испытуемого в целях прогнозирования и оценки его работоспособности, не представляется возможным. В данном случае процесс построения модели деятельности космонавта на поверхности Марса заключается в том, что космонавт-испытатель выводится на геоцентрическую орбиту и после 4–6 месяцев геоорбитального полета осуществляется его посадка на Землю с перегрузкой ~4 g, в первые послеполетные сутки космонавт облачается в планетарный скафандр со штатным избыточным давлением, при этом суммарный вес системы «космонавт–скафандр» составляет 0,38 g от реального веса этой системе на Земле; космонавт выполняет физическую работу по проекту сценария деятельности на поверхности Марса:

- выход из посадочно-взлетного модуля (ПВМ) и спуск на грунт;
- обход и осмотр ПВМ, оценка состояния и готовности к старту;
- отбор образцов для случая экстренного взлета;
- установка объектов символической деятельности;
- фото- и видеорегистрация ПВМ и ландшафта;
- нештатные ситуации;
- загрузка образцов и вход в ПВМ.

Регистрация физиологических, биомеханических параметров и технологических результатов ведется в течение всего эксперимента.

В таблице показаны факторы и гравитационные условия, которые будут воздействовать на космонавта в реальном полете на Марс и в модельном эксперименте с оценкой степени приближения.

Таблица

Факторы, воздействующие на испытателя в полете на Марс
и в модельном геоорбитальном полете

№ п/п	Реальный полет на Марс	Модельный эксперимент	Степень приближения
1	Перегрузки при выведении на ОИСЗ	Перегрузки при выведении на ОИСЗ	+++++ Идентично
2	Невесомость в перелете к Марсу	Невесомость в течение 4–6 месяцев на геоцентрической орбите	++++ Эквивалентно
3	Медико-биологические мероприятия по предупреждению снижения гравитационной устойчивости организма	Медико-биологические мероприятия по предупреждению снижения гравитационной устойчивости организма	+++++ Идентично
4	Перегрузки при посадке на Марс до 4 g	Перегрузки при посадке на Землю до 4 g	+++++ Идентично
5	Ощущение тяготения на поверхности Марса $g = 0,38$	Ощущения тяготения на Земле $g = 1$	+++ Аналогично
6	Вес системы «космонавт–скафандр» на Марсе	Вес системы «космонавт–скафандр» составляет 0,38 веса на Земле	+++++ Идентично
7	Штатное избыточное давление в СК	Штатное избыточное давление в СК	+++++ Идентично
8	Состояние испытателя–космонавта после перелета	Состояние испытателя–космонавта после геоорбитального полета	++++ Аналогично
9	Нагрузка в течение рабочего времени t ч	Нагрузка в течение рабочего времени $t/2$ ч	++++ Эквивалентно

Правомерность отдельных допущений, принятых в моделировании, обосновывается следующим образом.

По п. 2. В результате длительных полетов на отечественных орбитальных станциях выявлено, что степень снижения работоспособности, ортостатической устойчивости космонавтов проявляется в виде четкой зависимости от интенсивности, вида и объема физических тренировок, выполняемых космонавтами в полете [6] и не соотносится значительно с продолжительностью полета. Поэтому, пребывание в невесомости в течение 4–6 месяцев можно принять достаточным для приведения организма космонавта в адекватное состояние.

По п. 5. и п. 9. Нагрузка от земного тяготения $g = 1$ вместо $g = 0,38$ компенсируется сниженной продолжительностью рабочего времени с t часов на Марсе до $t/2$ часов при моделировании в наземных условиях, что сближает энергозатраты космонавта, который будет работать на Марсе и, соответственно, на Земле.

Взаимодействие человека и среды отражается не только на физиологии. Индивидуальное восприятие окружения формирует образ ситуации, что имеет прямое отношение к возникновению нового рефлексивного знания. В использованном подходе состояние организма испытателя формируется эмпирически – в условиях реального георбитального полета; гравитационная нагрузка осуществляется естественным переходом от невесомости через перегрузку к природному земному тяготению; новое знание продуцируется в процессе когнитивной (познавательной) деятельности космонавта-испытателя; и только приведение системы «человек-скафандр» к весу, равному $0,38 g$ от ее веса на Земле, производится искусственным путем. Такой когнитивно-эмпирический подход можно рассматривать как нетрадиционный метод моделирования, в рамках которого прогнозируется неизвестный до того результат осуществляющегося явления.

Таким образом, объективные и субъективные оценки состояния испытателя и результаты его деятельности являются одновременно и оценками достаточности средств и методов противостояния невесомости, имеющихся в арсенале космической медицины. Итоги экспериментальной стадии моделирования должны стать критериями для уточнения концепции медико-технической поддержки экипажа в процессе перелета. В том случае, если в результате предлагаемых экспериментов выяснится, что опыт, наработанный за 50 лет пилотируемой космонавтики, с учетом 437-суточного непрерывного полета, обеспечивает приемлемый уровень работоспособности, подтверждается существующая система профилактики неблагоприятного влияния невесомости. В случае, если уровень работоспособности не окажется достаточным, в повестку дня встанут вопросы о создании дополнительных и новых медико-технических средств и технологий, в том числе и искусственной тяжести (ИТ).

В этой связи интересно более детально рассмотреть применяемую на МКС систему медико-технической поддержки экипажа. Неоценимую помощь в этом предоставляет содержательный материал И.Б. Козловской с соавторами, специалистов ИМБП, посвященный проблеме противодействия развитию адаптации к невесомости [6]. Разработанная в СССР/России система противодействия негативным влияниям невесомости успешно обеспечивает выполнение программ длительных космических полетов. Отечественная система профилактики базируется на многолетнем опыте длительных полетов космических станций. Она включает в себя физические упражнения, нагрузочные костюмы, фармакологические средства, водно-солевые добавки, сбалансированное питание, методику и средства создания отрицательного давления на нижнюю часть тела (ОДНТ).

Ключевым звеном в системе профилактики на МКС являются ежедневные двухразовые физические тренировки, осуществляемые в течение 2,5 ч (1 ч и 1,5 ч) с использованием имеющихся на борту тренажеров. Физические тренировки включают локомоторные, велоэргометрические занятия и упражнения на силовых тренажерах.

Технические средства профилактики включают: беговую дорожку, нагрузочный костюм ПНК «Пингвин-3», пневмовакуумный костюм ПВК-1 «Чибис», противоперегрузочное устройство ППУ «Кентавр», а также пережимные манжеты «Браслет», электромиостимуляторы «Тонус-3» и «Стимул-0-1НЧ».

Какова специфика и основные методические требования по реализации программы тренировок?

Подчеркивается необходимость систематического выполнения тренировок в длительных полетах, что определяется тенденцией к быстрому развитию детренированности. По отчетам космонавтов, перерывы в тренировках в течение нескольких дней (7–10) вызывают резкое снижение работоспособности, а период восстановления существенно превышает длительность перерыва.

Специфическим требованием к тренировкам в космических полетах является их высокая интенсивность. Анализ данных, полученных в длительных полетах, показал, что эффективность высокоинтенсивных тренировок во много раз превосходит таковую для тренировок аэробных (монотонный бег типа jogging).

Как осуществлялась программа профилактики на МКС двадцатью семью российскими космонавтами 26 экспедиций в период 2000–2010 гг.?

В связи с большой загруженностью работой и значительной длительностью подготовительных операций к занятиям, более половины членов российских экипажей использовали в полете преимущественно (до 80 % времени полета) одноразовый режим тренировок, несмотря на то что в длительных полетах на отечественных станциях ранее была убедительно доказана существенно большая эффективность двухразовых тренировок.

Локомоторные тренировки выполнялись космонавтами ежедневно, а редкие немногочисленные пропуски были связаны, как правило, с загруженностью экипажа рабочими операциями. Однако режимы тренировок изменялись, существенно отличаясь от рекомендованных. Лишь у шести космонавтов протоколы локомоторных тренировок соответствовали рекомендованным на протяжении всего полета. Тренировки космонавтов отличались значительным увеличением доли монотонного бега в активном режиме дорожки. Такой вид локомоций, направленный на тренировку аэробной выносливости и отличающийся меньшей профилактической эффективностью, составлял основное отличие от рекомендуемого режима. Это обусловлено, по-видимому, меньшей трудностью его выполнения и возможностью сочетания бега с просмотром кинофильмов, прослушиванием музыки. На рис. 1 показаны схемы локомоторных тренировок в монотонном (А) и интенсивном (Б) исполнении, которые характеризуют энергетическую стоимость, а следовательно, их профилактическую эффективность [6]. Некоторые космонавты не использовали монитор сердечного ритма, что делало менее точным оценку физиологической стоимости выполняемой работы и подготовку индивидуальных рекомендаций.

Применение резистивных тренажеров также варьировалось в зависимости от загруженности и предпочтений космонавтов. Контроль выполнения этой части программы представлял затруднения в связи с тем, что тренажер не оснащен средствами передачи информации на Землю о реальных нагрузках, создаваемых тренажером.

Пассивные средства профилактики в полетах на МКС применялись редко. ПНК «Пингвин-3», регулярно применявшийся членами экипажей ОК «Мир», на МКС использовался значительно реже.

Основным принципом профилактических мероприятий в полете является противостояние развитию адаптации к воздействию невесомости. Комплекс профилактических мероприятий в значительной мере компенсирует неблагоприятные эффекты невесомости, в связи с чем изменения в различных системах организма в полете и после его завершения являются остаточными сдвигами, по той или иной

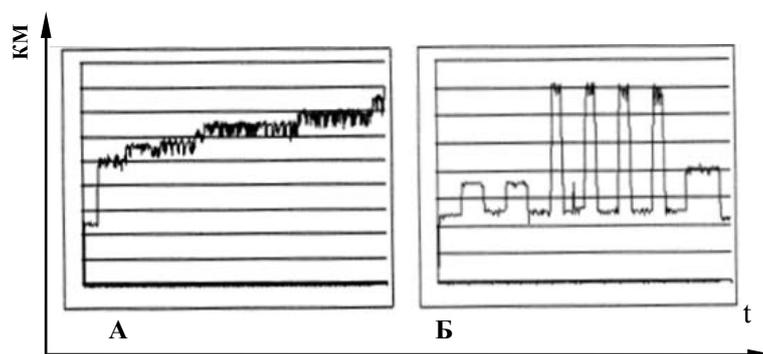


Рис. 1

причине не устраненными профилактическими средствами. В итоге степени снижения работоспособности, ортостатической устойчивости членов экипажей различны как в полете, так и в реадaptационный период и находятся в прямой зависимости от полноты и точности выполнения космонавтами программы полетной профилактики. Эти различия существенно не коррелировали с продолжительностью полета, но выявляли четкую зависимость их от интенсивности, вида и объема физических тренировок.

Рассмотрение данных о фактической реализации системы тренировок позволяет сделать вывод о наличии резервов для повышения ее профилактической эффективности за счет полноты и четкой реализации программы тренировок, строгой дисциплины выполнения со стороны космонавтов, расширения и углубления знаний космонавтов об ответных реакциях собственного организма на профилактические мероприятия, использования режимов, способных обеспечить целевое повышение ортостатической толерантности, а также модернизации существующего и разработке нового бортового медико-технического оборудования. В числе оборудования: модифицированный вариант костюма аксиального нагружения «Пингвин СИИ», снабженный системой объективной регистрации усилий; бегущая дорожка БД-2, в конструкции которой учтены замечания и требования по результатам эксплуатации; многофункциональный тренажер, обеспечивающий возможность выполнения упражнений с нагружением для всех групп мышц; введение автоматического режима процедуры ОДНТ, повышение герметичности ПВК «Чибис».

Мероприятия по оптимизации технологии и оборудования медико-технической поддержки экипажа за счет реализации выявленных и латентных резервов являются условием получения эффекта адекватного состояния организма космонавта и качества модели в целом. Эти мероприятия рассматриваются как составная, авангардная часть моделирования.

Для отработки организационно-технологических положений целерационально провести предварительный этап моделирования, на котором состояние организма испытателя будет формироваться с использованием метода антиортостатической гипокинезии (АНОГ).

В рассуждениях о проблемах межпланетных полетов неизменно всплывает тема искусственной тяжести, которая рассматривается как способ предотвращения неблагоприятного воздействия невесомости на организм космонавта. Уже К.Э. Циолковский задавался вопросом: «Может ли отсутствие тяжести не повре-

доть здоровью человека?» И отвечал: «Тут необходимо прибегнуть к возбуждению искусственной тяжести» [7]. Основным фактор в механизме влияния невесомости состоит в устранении веса тела и, как следствие, в деформации гравитационно-зависимых структур тела, в первую очередь гравирецепторов, к которым относятся отолиты и рецепторы опоры. Ожидания относительно воспроизведения искусственной геогравитационной обстановки предполагаются в следующем:

- снижение неблагоприятного влияния невесомости на функционирование систем организма человека в процессе полета и в послеполетный период;
- обеспечение геогравитационных условий двигательной деятельности космонавта в производственно-трудовых и бытовых процессах путем исключения безопорного состояния.

Физически ИТ может быть достигнута путем сообщения объекту непрерывного ускорения, в том числе и за счет вращательного движения. Сегодня чаще всего обсуждаются два варианта создания ИТ:

- космический объект или его отдельная часть вращается с определенной угловой скоростью вокруг собственной оси, при этом ИТ убывает от периферии объекта к оси вращения. На рис. 2 показана компоновочная схема ТМК (тяжелого межпланетного корабля) для полета на Марс с вращением обитаемых отсеков для создания ИТ, разработанная в ОКБ-1 под руководством С.П. Королёва в проектно-конструкторском отделе М.К. Тихонравова в 1962–64 гг. [8]. На рис. 3 показан вариант компоновки экспедиционного комплекса с сегментом для воспроизведения ИТ типа центрифуги;
- космический объект включает в себя так называемую короткорADIUSную центрифугу (КРЦ) для создания ИТ космонавту индивидуально, периодически регулярно, как физиотерапевтическую процедуру (рис. 4).

Сопоставление возможного облика межпланетного комплекса с техническим содержанием задачи по созданию ИТ обнаруживает серьезные коллизии, определяющие усложнение конструкции, в частности, необходимость герметичного крупногабаритного узла вращения с внутренним переходом для присоединения

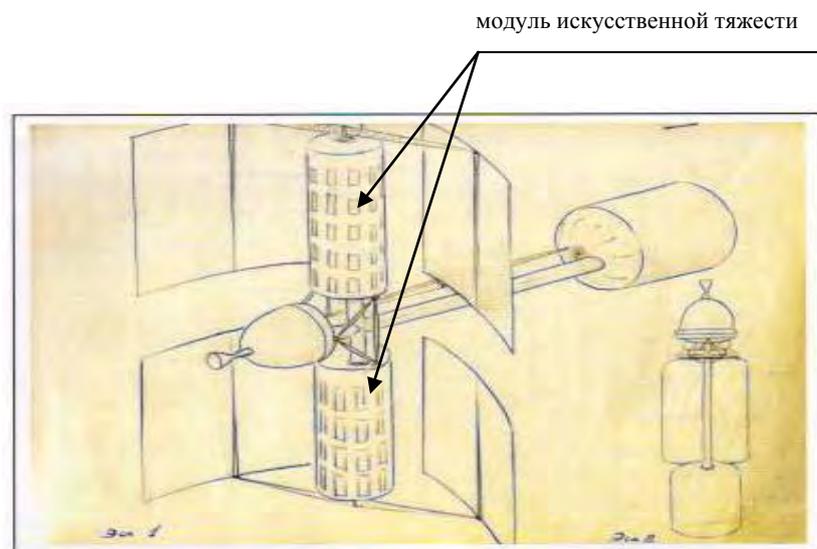


Рис. 2

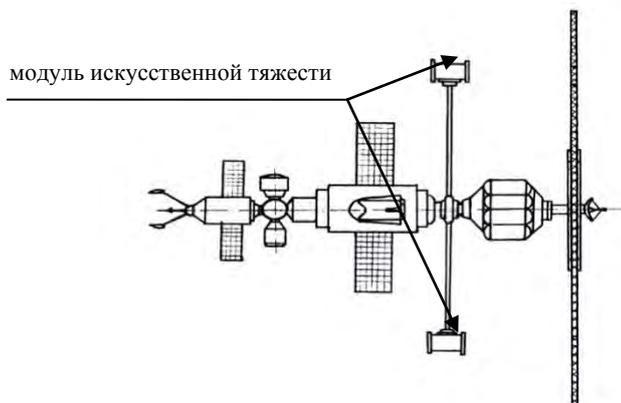


Рис. 3

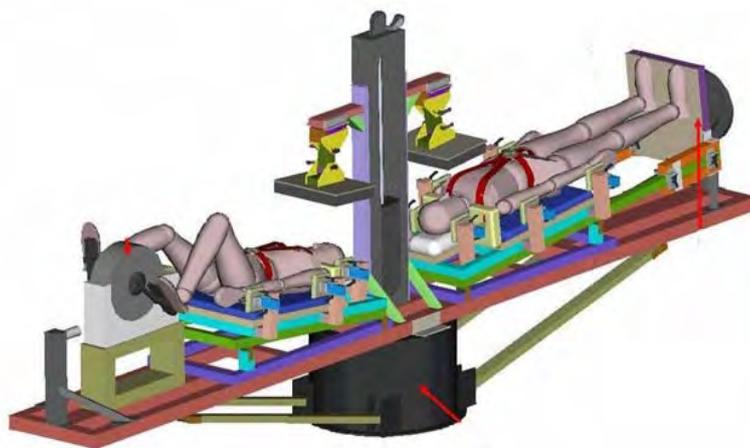


Рис. 4

отсеков-модулей, его активацию и испытания на геоцентрической орбите; затруднения для размещения внешнего оборудования; повышение энергопотребления и массы комплекса. Для создания ИТ в виде КРЦ понадобится предусмотреть специальный обитаемый отсек с диаметром описывающей окружности более 5 м и упрочнение конструкции для восприятия динамических нагрузок. Это повлечет за собой трансформацию технологий и оснастки для изготовления и испытаний отсека, вплоть до изменения подвижного состава и ограничений на путях сообщения для транспортировки.

В достаточной степени усложнится и управление комплексом. Вращение модулей, функционирование КРЦ, контакты перемещающихся членов экипажа с вращающимися поверхностями могут вызвать изменение положения центра масс комплекса, моментов инерции отсеков относительно осей вращения. Для предотвращения указанных эффектов в конструкции придется предусмотреть систему компенсации изменений, которая должна реагировать на изменения в режиме реального времени.

Кроме технических проблем есть, по-видимому, и медико-биологические. Необходимо экспериментальное изучение влияния ИТ на человека. Следует выяснить: есть ли необходимость воспроизводить полностью силу земного тяготения или только какую-то его часть; зависимость этой величины от продолжительности экспедиции; влияние перемежающихся состояний невесомость/перегрузка и частоту таких перемен; длительность периодов пребывания в каждом из состояний. В перспективе необходимо знание о влиянии ИТ на живые организмы даже для смены поколений. Кроме того, реализация ИТ в виде КРЦ и сопутствующие этому кориолисовы силы порождают для космонавта дискомфортные, труднопереносимые, жестокие вестибулярные нагрузки.

Логичный вывод из рассмотренной дилеммы заключается в том, что исследование, выявление и подтверждение всех возможностей, которые позволяют исключить востребованность ИТ в структуре МЭК, являются существенным обстоятельством для аванпроекта марсианской экспедиции.

Для проведения орбитальной фазы предлагаемого с этой целью модельного эксперимента, МКС может быть задействована в существующей конфигурации гермоотсеков, без увеличения принятой продолжительности полета члена экипажа – участника эксперимента, то есть без капитальных затрат. Известно, что наращивание продолжительности космических полетов было одной из престижных целей отечественной космонавтики и приоритетной задачей медико-биологических исследований влияния длительной невесомости на человека. На орбитальном комплексе «Мир» уже были выполнены более чем 300-суточные, годовые и рекордные по продолжительности экспедиции:

326 суток, Романенко Ю.В., 1987 г.

365 суток, Титов В.Г., 1987–88 гг.

365 суток, Манаров М.Х., 1987–88 гг.

311 суток, Крикалёв С.К., 1991–92 гг.

437 суток, Поляков В.В., 1994–95 гг.

379 суток, Авдеев С.В., 1998–99 гг.

Имеющийся положительный опыт обеспечения длительных экспедиций в совокупности с результатами эксперимента «Марс-500» по проблеме изоляции в автономном полете создают базовое для настоящего времени представление о годичной экспедиции, что является основой и прологом для дальнейшего развития работ по научно-практическому обеспечению десантной операции. Достоверность результатов моделирования и обоснованность принимаемых на их основании решений должны поддерживаться статистически значимой выборкой количества экспериментов, так как заключение по одному-двум испытуемым, даже в случае повторения годичного полета, не будет корректным, ибо на результатах могут сказаться как индивидуальные особенности организма испытуемых, так и другие приходящие обстоятельства. Использование потенциала МКС для модельного эксперимента ограничено временными рамками ее эксплуатации с 4...6-месячными экспедициями. При проведении 1–2 экспериментов в год, к 2020 году может быть набрана необходимая репрезентативная статистика, которая позволит определить отношение к искусственной тяжести. В противном случае эта возможность и время будут упущены. Предлагаемый подход – это не просто реальный способ получить прогноз дееспособности космонавтов на поверхности Марса. В настоящее время – это единственный способ и альтернативы ему нет.

Таким образом, оптимизированная бортовая система профилактики, ее верификация в модельном эксперименте и воспроизведение адекватного со-

стояния организма испытателя становятся предпосылкой к обеспечению работоспособности космонавтов в межпланетном полете и на поверхности Марса без использования искусственной тяжести.

Результаты моделирования могли бы стать весомым вкладом России в международный проект полета на Марс.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] О.С. Цыганков. Десант на Марс // Полет. – № 4. – 2004. – С. 7–16.
- [2] О.С. Цыганков. Когнитивно-эмпирический подход к прогнозированию дееспособности экипажа на поверхности Марса. Материалы XII международного форума «Высокие технологии XXI века». – Москва, 2011. – С. 250–254.
- [3] О.С. Цыганков. Марс-500: моделирование деятельности экипажа на поверхности планеты // Авиапанорама. – № 2. – 2011. – С. 12–15.
- [4] Цыганков О.С., Морозов С.А. Природные аэродинамические нагрузки на космонавта в скафандре в приповерхностном слое атмосферы Марса // Полет. – № 10. – 2012. – С. 17–20.
- [5] Юзов Н.И., Крючков Н.И., Шувалов В.А. Внекорабельная деятельность космонавтов. – Звёздный городок, 1998. – С. 207–208.
- [6] И.Б. Козловская и др. Развитие российской системы профилактики неблагоприятных влияний невесомости в длительных полетах // Космическая биология и медицина. – Т. 1. Медицинское обеспечение экипажей МКС. – ИМБП, 2011. – С. 63–98.
- [7] Циолковский К.Э. Цели звездоплавания. – М.: Наука, 2007. – С. 565.
- [8] В.Е. Бугров. Марсианский проект С.П. Королёва // «Русские витязи», Москва, 2007. – С. 142.

ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ИМИТАЦИОННО-ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

М.В. Михайлюк, В.И. Брагин

Докт. физ.-мат. наук, профессор М.В. Михайлюк (НИИ системных исследований РАН);

В.И. Брагин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Современные технологии виртуальной реальности могут быть применены при разработке имитационно-тренажерных комплексов нового типа, которые позволят повысить уровень и качество тренировок космонавтов, расширить перечень решаемых тренажерами задач. В статье рассматриваются основные технологии виртуальной реальности и возможности их использования в тренажерах.

Ключевые слова: виртуальная реальность, тренажеры, подготовка космонавтов.

Application of Virtual Reality Technologies in Simulation Complexes for Cosmonaut Training. M.V. Mikhaylyuk, V.I. Bragin

Modern virtual technologies can be used in designing new types of simulation complexes which allow raising the level of cosmonaut training and increasing the number of tasks performed on the simulators. The paper discusses the main technologies of virtual reality and availability of their usage in simulators.

Keywords: virtual reality, simulators, cosmonaut training.

Введение

Имитационно-тренажерные комплексы подготовки космонавтов играют важную роль в процессе освоения человеком космического пространства. Они позволяют не только проводить обучение, но и сформировать навыки выполнения действий и проведения работ в незнакомой, непривычной и агрессивной среде. Важной частью тренажеров является система имитации визуальной обстановки, которая моделирует с помощью компьютера и отображает для оператора трехмерные сюжеты, с которыми (в которых) предстоит работать космонавту. Средствами компьютерной графики создается и выводится на экран (или другие средства отображения) виртуальная сцена, имитирующая реальную обстановку. Ориентируясь на эту виртуальную сцену, космонавт выполняет тренировочные задания.

Проведенный учеными системный анализ показал, что 83 % информации человек воспринимает визуально, 11 % – с помощью органов слуха, остальные 6 % поступают через органы обоняния, осязания и вкуса. Поэтому имитация зрительных ощущений является наиболее важной при создании тренажерных систем. Для имитации этих ощущений требуется, прежде всего, развитие подсистемы визуализации тренажера, а также исследование и развитие его системных связей, образованных компонентами этой подсистемы. Дальнейшее развитие космической отрасли и усложнение задач, стоящих перед космонавтами, ставят вопрос о совершенствовании и дальнейшем развитии технологий тренажеростроения. Одним из перспективных направлений представляется внедрение технологий виртуальной реальности.

Виртуальная реальность – это созданный техническими средствами виртуальный мир, который человек может воспринимать своими органами чувств (зрение, слух, обоняние, осязание и т.д.). Виртуальная реальность в реальном времени имитирует как воздействия человека на объекты в соответствии с реальными за-

конами физики, так и реакции этих объектов на воздействия. Объекты виртуальной реальности обычно ведут себя близко к поведению аналогичных объектов материальной реальности.

Виртуальная реальность не ограничивает размеры имитируемой сцены. Обычный тренажер может иметь модели одного или нескольких модулей космической станции, в то время как в виртуальной сцене можно синтезировать модель всей станции, причем всегда поддерживать ее в последней (текущей) конфигурации. Некоторые навыки космонавты поддерживают в космосе с использованием портативной компьютерной техники. Космонавт может промоделировать и просмотреть свой предстоящий выход в космос и свои действия перед выполнением задачи.

Основными составляющими систем виртуальной реальности являются подсистемы визуализации виртуальных сцен в стереорежимах на одном или нескольких экранах, подсистемы трекинга и подсистемы взаимодействия человека с виртуальными объектами. В настоящей работе мы рассмотрим технологии виртуальной реальности, используемые в этих подсистемах, а также возможности их использования в имитационно-тренажерных комплексах подготовки космонавтов.

1. Технологии создания стерео

Человек обладает бинокулярным зрением. Он видит окружающую обстановку двумя глазами с разных позиций, формируемые в глазах изображения поступают в мозг, который реализует «объемное видение». Эволюция выработала у человека способность не только воспринимать с помощью зрения большие объемы информации, но и очень быстро анализировать эту информацию. Объемное видение позволяет правильно оценивать расстояния до предметов, их взаимное расположение, размеры и т.д. Поэтому моделирование такого видения в имитационно-тренажерных комплексах является важной составляющей. Оно позволяет приблизить условия тренировки к реальным условиям, повысить степень ориентации обучающегося и уменьшить количество формируемых ложных навыков.

Для моделирования объемного видения [5] необходимо подать в глаза наблюдателя стереопару, т.е. два различных изображения с двух виртуальных камер, расположенных в некоторых точках виртуальной сцены, по которым мозг наблюдателя сформирует объемное изображение. Это можно реализовать с помощью различных технологий как на больших настенных экранах, так и на мониторах компьютеров и в шлемах виртуальной реальности. К числу таких методов относятся поляризационный, обтюраторный, анаглифический, метод призматических стереочков, метод параллакс-барьера, мультивидовые дисплеи и др.

Основным методом реализации стереорежима на больших экранах является поляризационный метод (рис. 1). В этом методе оба изображения стереопары формируются двумя

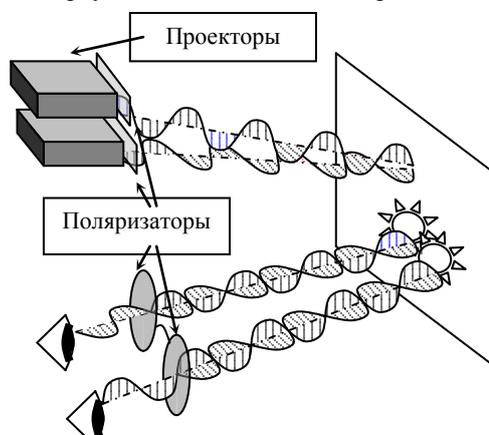


Рис. 1. Поляризационное стерео

перпендикулярно поляризованными световыми потоками и одновременно выводятся на экран, поверхность которого не меняет угол поляризации света при отражении. Перед глазами наблюдателя устанавливаются поляризационные фильтры (обычно в виде поляризационных очков). Каждый фильтр пропускает только то отраженное от экрана изображение, которое соответствует его поляризации. В результате каждый глаз видит «свое» изображение, а мозг обеспечивает объемное восприятие. Достоинством этого метода является достаточно хорошее качество формируемого стерео и возможность присутствия одновременно нескольких наблюдателей.

Стереорежим на экране монитора с использованием очков реализуется с помощью обтюраторного метода. В данном методе на экран монитора поочередно выводятся оба изображения стереопары. Перед каждым глазом в очках помещается независимо управляемая жидкокристаллическая (ЖК) шторка. Правая ЖК-шторка закрывается, когда на мониторе появляется изображение для левого глаза, и наоборот. Таким образом, каждый глаз видит свое изображение (хотя и через кадр, см. рис. 2). Современные дисплеи обладают частотой вертикальной развертки более 120 Гц при достаточном для визуализации разрешении. Поскольку изображение выводится для каждого глаза через кадр, то результирующая частота приема превышает 60 Гц , что достаточно для восприятия, т.к. такая частота делает процесс смены кадров незаметным.

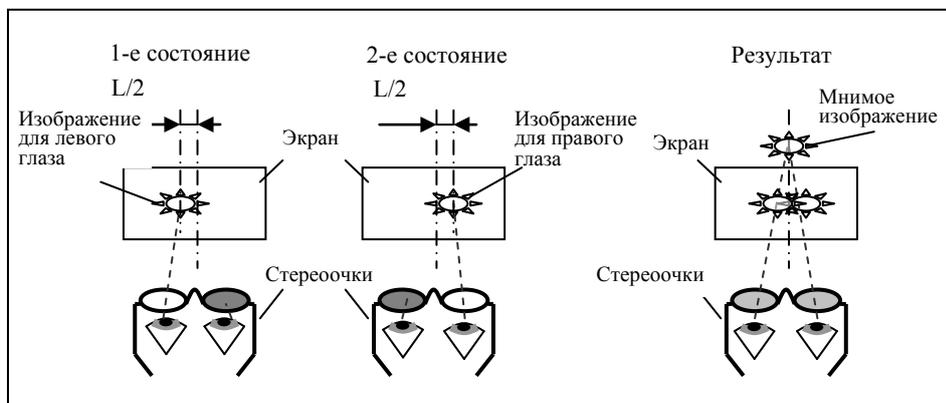


Рис. 2. Обтюраторный метод стерео

В шлемах виртуальной реальности [2] стереопара выводится на две миниатюрные LCD панели, причем каждый глаз видит только соответствующую ему панель (рис. 3 а, б). Панели располагаются на достаточно близком расстоянии от зрачка (3–5 см) и, чтобы избежать глаз от нагрузки при наблюдении изображения на таком близком расстоянии, между панелью и глазом устанавливается оптическая система, «отодвигающая» экран на расстояние 50–60 см. Таким образом, каждое изображение попадает в соответствующий ему глаз и наблюдатель «видит» объемное изображение. Недостатками этого метода являются малый угол видимости и невысокое разрешение имеющихся коммерческих устройств, а также «туннельный» эффект (за счет оптической системы изображения видны как бы через туннель).

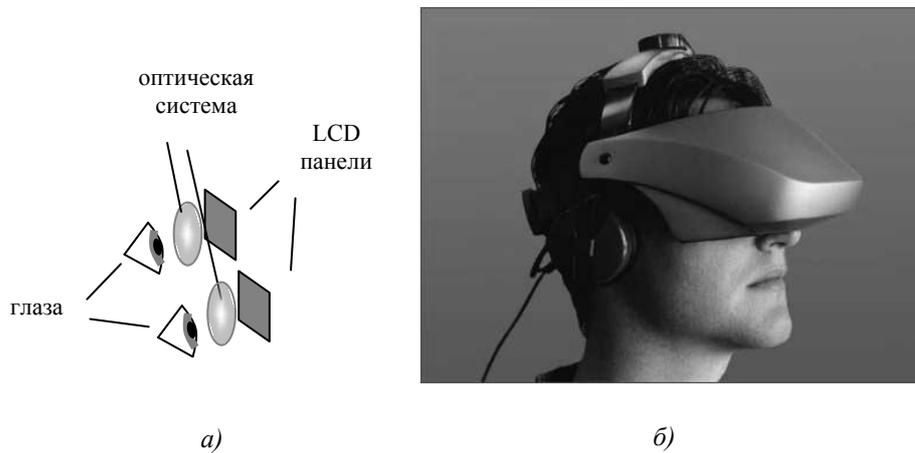


Рис. 3. Шлем виртуальной реальности

Необходимо заметить, что стереорежим предъявляет повышенные требования к системе визуализации, так как требуется в каждом кадре создавать два изображения (для левого и правого глаза).

Система визуализации должна вдвое увеличить скорость синтеза каждого кадра без потери качества визуализации и без уменьшения сложности виртуальной сцены. Для этой цели необходима разработка эффективных алгоритмов визуализации с использованием аппаратного обеспечения графических карт. Разработанная в НИИСИ РАН система визуализации «GLVIEW» обеспечивает синтез виртуальных сцен с более чем 1 млн полигонов в стереорежимах различных типов в режиме реального времени (см. рис. 4).

Во всех методах реализации стерео для космических тренажеров встает вопрос о степени адекватности виртуального окружения реальной обстановке. Виртуальные объекты, которые кажутся наблюдателю расположенными на определенном расстоянии, должны казаться ему таких же размеров, как соответствующие реальные объекты, расположенные на таком же расстоянии. Это обеспечивается заданием правильного соотношения между виртуальной и реальной системами координат (калибровкой системы отображения), а также правильным заданием параметров виртуальных камер, образующих стереопару. Если параметры камер заданы неверно, наблюдатель все равно будет видеть стерео (т.е. объемное изображение), так как стерео создается в мозге человека. Однако это стерео будет неправильным, что приводит к нарушению видимых размеров объектов и расстояний между ними, а это может быть критичным во многих задачах, использующих систему визуализации. Для правильного задания параметров виртуальных камер необходимо знать положение наблюдателя. И что особенно важно, при перемещении наблюдателя выводимое изображение также должно изменяться. Например, если смоделировать наблюдение окружающей обстановки через иллюминатор (или произвольное окно), то сместившись влево, наблюдатель увидит те объекты, которые были скрыты правой границей иллюминатора. Поэтому необходимо вывести на экран новое изображение, соответствующее новому положению наблюдателя. Отсюда следует, что в каждый момент времени необходимо

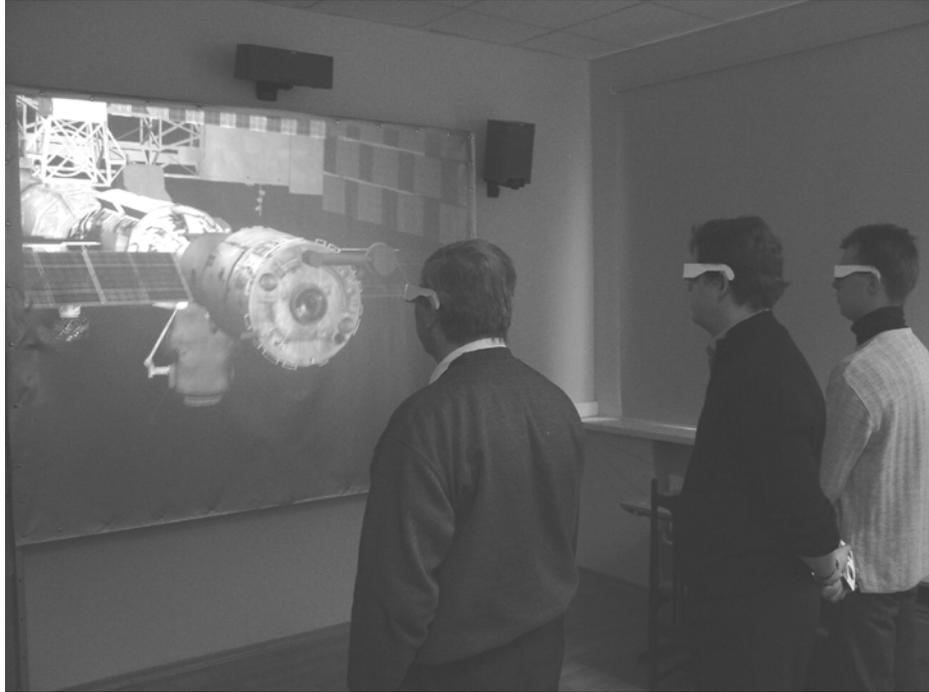


Рис. 4. Поляризационное стерео на большом экране

отслеживать положение и ориентацию наблюдателя и его головы и передавать эти данные в систему визуализации. Такие действия реализуются системами трекинга.

2. Технологии трекинга

Система трекинга позволяет в любой момент времени определить положение и ориентацию наблюдателя (его головы, рук, пальцев и т.д.) и передать эту информацию в систему визуализации. Анализ существующих систем трекинга [4] позволяет выделить основные характеристики (параметры), оценка которых существенно влияет на выбор системы для решения конкретной задачи. К этим параметрам относятся:

- *количество определяемых степеней свободы (DOF)* – как правило, этот параметр зависит от физической реализации системы;
- *точность определения положения* – параметр, указывающий на максимальную допустимую ошибку в выдаваемых значениях координат;
- *точность определения ориентации* – параметр, указывающий на максимальную допустимую ошибку по каждому из выдаваемых значений углов ориентации;
- *диапазон действия* – область, в пределах которой система дает результат с заданной точностью;
- *частота обновления* – количество обновлений информации о положении в секунду;

- *время запаздывания* – время между моментом измерения положения и моментом передачи результата внешним устройствам.

С точки зрения физической реализации системы трекинга могут быть разделены на механические, инерционные, акустические, электромагнитные, оптические и т.д. Каждый класс имеет свои достоинства и недостатки, поэтому тип системы трекинга следует выбирать, исходя из решаемых задач. Для использования систем трекинга в имитационно-тренажерных комплексах могут быть сформулированы следующие требования:

- система должна быть способна определить положение и ориентацию головы человека и кистей его рук;
- необходимо выполнение трекинга независимо от положения оператора в пространстве;
- точность определения положения в пределах нескольких квадратных метров должна быть достаточной для создания адекватной визуальной обстановки и реализации визуально неискаженного процесса взаимодействия;
- работа системы трекинга не должна влиять на производительность всего тренажерного комплекса, т.е. система должна иметь возможность выполнять все вычислительные задачи на сторонних аппаратных модулях (компьютерах);
- необходим вывод адекватной информации в режиме реального времени;
- на точность определения положения объекта не должны влиять внешние электромагнитные (вне видимого диапазона) и звуковые шумы;
- система трекинга не должна влиять на свободу передвижения оператора.

Например, разработанная в НИИСИ РАН оптическая система трекинга «GLTRACK» включает светодиодные маркеры, которые в определенной конфигурации закрепляются на голове или руке оператора. Одна или несколько видеокамер непрерывно снимают оператора и передают изображения в компьютер. Специально разработанная программа позволяет выделять маркеры и по их расположению на изображениях однозначно определять положение и ориентацию объекта (головы или руки), на котором они закреплены. На рис. 5 показан пример работы этой системы в модельной задаче «окно в виртуальный мир». В данной задаче монитор компьютера играет роль окна, через которое оператор рассматривает виртуальную сцену, состоящую из множества параллелепипедов. На голове оператора закреплены светодиодные маркеры, над монитором расположена видеокамера. Синхронно с перемещением оператора меняется и изображение сцены на мониторе (в частности, находясь слева, он видит левые грани параллелепипедов, а находясь справа – правые).

В лаборатории виртуальной реальности НАСА в Центре Джонсона (Хьюстон) разработан тренажер управлением SAFER – портативным реактивным двигателем, прикрепленным к скафандру астронавта, чтобы он мог вернуться на МКС в случае неожиданного отключения. Космонавт управляет аппаратом с помощью реального пульта и видит МКС через шлем виртуальной реальности. Для определения правильной ориентации астронавта используется система трекинга.

Система трекинга может использоваться для динамического расширения углов поля зрения в таком средстве наблюдения, как иллюминатор. При решении задач визуально-инструментального наблюдения земной поверхности (рис. 6) космонавт перемещается относительно иллюминатора, выбирая и сопровождая объект наблюдения.



Рис. 5. Окно в виртуальный мир



Рис. 6. Визуально-инструментальные наблюдения земной поверхности

Для имитации данного процесса в тренажере необходимо изменять пирамиду видимости с учетом взаимного расположения наблюдателя и иллюминатора. Оператор должен видеть изображение Земли как бы через окно, т.е. приблизившись к нему, увеличить углы обзора, сместившись влево – увидеть то, что расположено справа и т.п.

3. Взаимодействие пользователя с виртуальными объектами

Естественно, основной целью тренировок является осуществление оператором некоторых действий в зависимости от состояния окружающей обстановки. Так как обстановка частично или полностью моделируется виртуальной сценой, то возникает вопрос об имитации воздействий оператора на виртуальные объекты (толкание, притягивание, захват, перемещение, поворот и т.д.). Эти задачи являются достаточно сложными и в настоящее время не решены в полном объеме.

Прежде всего, необходимо «совместить» реальный и виртуальный миры, т.е. определить общую для них систему координат, в которой будут задаваться положения и ориентации реальных и виртуальных объектов [3]. В каждый момент времени положение и ориентация оператора (и других нужных реальных объектов) определяются с помощью системы трекинга. Положения и ориентации виртуальных объектов известны в системе визуализации. Так как оператор наблюдает виртуальную сцену в стереорежиме, то ему кажется, что виртуальные объекты «вышли» из экрана монитора и расположены между ним и монитором. Общая система координат позволяет вычислить кажущееся положение виртуального объекта в реальном пространстве. Теперь оператор хочет воздействовать рукой на некоторый виртуальный объект. Здесь необходимо решать задачу определения коллизии, т.е. соприкосновения руки и виртуального объекта в его кажущейся точке нахождения. Если коллизия имеет место, то виртуальный объект должен начать двигаться (перемещаться и поворачиваться) вслед за движением руки оператора в соответствии со своими динамическими характеристиками (массой, тензором инерции и т.д.). На рис. 7 показан пример, в котором оператор перемещает виртуальный шарик своей рукой, используя компьютерную перчатку. Данная задача показала, что оператор может перемещать шарик не в любом направлении, например, он не может потянуть его на себя. Для этого ему необходимо просунуть ладонь между шариком и монитором, что невозможно, т.к. шарик реально расположен (изображен) на мониторе. В качестве выхода из этой ситуации можно предложить либо использовать виртуальную руку, которая будет в точности повторять движения реальной руки оператора, либо выделить класс задач, в которых не требуется захватывать сзади виртуальные объекты. Виртуальная рука используется в тренажере перемещения по внешней поверхности МКС, разработанном в лаборатории виртуальной реальности в Хьюстоне. Примером класса задач, в которых не требуется тянуть объекты на себя, являются виртуальные пульта управления [6, 7], полностью имитирующие реальные пульта. Оператор может нажимать в них на кнопки, поворачивать тумблеры, вращать регуляторы и т.д. При этом элементы пульта будут двигаться в соответствии со своими техническими характеристиками и формировать управляющие сигналы в соответствии с функциональными схемами, заданными для них. На рис. 8 показаны примеры воздействия оператора на элементы виртуального пульта управления виртуальной и реальной рукой в стереорежиме.

Для определения положения и ориентации головы и пальца оператора в этой задаче используется оптическая система трекинга «GLTRACK» (см. выше). Заметим, что оператор не касается пальцем экрана монитора, т.к. в стереорежиме ему кажется, что пульт расположен перед экраном.



Рис. 7. Перемещение виртуальных объектов

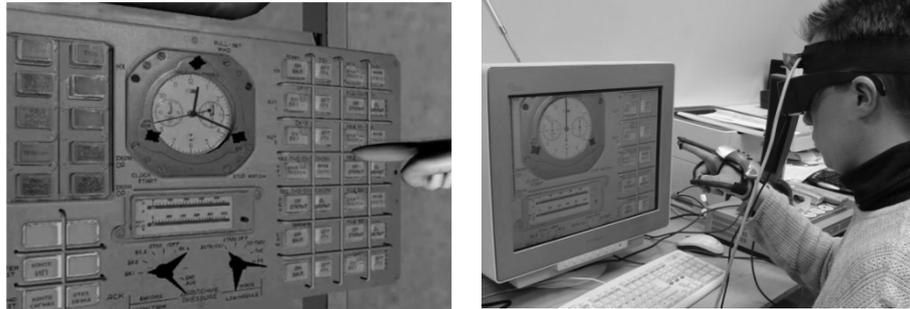


Рис. 8. Работа с виртуальным пультом управления

Расчет динамики виртуальных объектов при воздействии оператора и реализация тактильных ощущений оператора при воздействии на виртуальные объекты являются непростыми задачами. В настоящее время в этих областях ведутся интенсивные исследования.

4. Многоэкранная и панорамная визуализация

Следует различать многопортовую и многоэкранную визуализации. При многопортовой визуализации один экран монитора разделяется на несколько областей вывода, в которые одновременно выводятся изображения из различных виртуальных камер. Примером может служить имитация оптического прибора ВСК (визир специальный космонавта) (см. рис. 9), при которой в центральное круговое поле выводится изображение из центральной камеры, направленной вперед, а в восемь периферийных полей, расположенных по окружности, – изображения из виртуальных камер, направленных в разные стороны. В монорежиме многопортовая визуализация не представляет особых сложностей. Однако абсолютно правильный стереорежим реализовать в такой системе не представляется возможным. В реальности нет такой ситуации, когда человек видит своими глазами одновременно из нескольких точек. Как отмечалось выше, для правильного стерео необходимо задать параметры виртуальной камеры в зависимости от положения наблюдателя, в частности, установить ее в том месте, где находится наблюдатель в виртуальном пространстве. А это противоречит тому, что в многопортовой визуализации камеры располагаются в произвольных местах.

При многоэкранной визуализации стереоизображения на разных экранах обычно формируются различными компьютерами, и возникает задача синхронизации их вывода для правильной стыковки на границах экранов. В противном случае

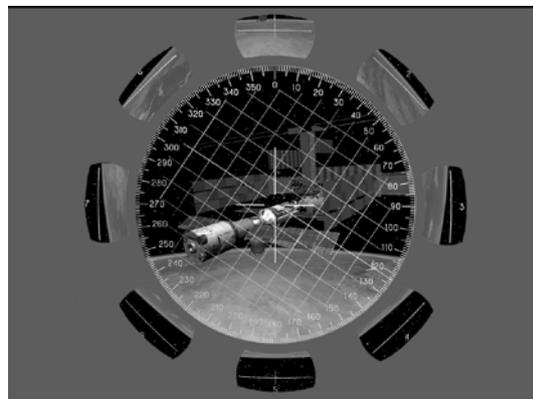


Рис. 9. Модель прибора ВСК



Рис. 10. Рассинхронизация при выводе изображения на три экрана

можно получить картинку, изображенную на рис. 10. Задача синхронизации решена во многих системах визуализации, в частности, в системе «GLVIEW».

Естественно, что с помощью многоэкранной визуализации можно реализовать панорамную визуализацию. В настоящее время одними из самых совершенных систем виртуальной реальности с панорамной визуализацией являются проекционные системы, выполненные в компоновке комнаты виртуальной реальности (CAVE – Cave Automatic Virtual Environment). Такая система представляет собой комнату, на все стены (а также, возможно, на пол и потолок) которой проецируются стереоизображения. Положение пользователя и повороты его головы отслеживаются системами трекинга, что позволяет добиться максимального эффекта погружения. Однако в таких системах необходимо использовать экраны обратной проекции, т.е. проекторы располагаются с внешней стороны стен комнаты. Для уменьшения расстояния между проекторами и стенами можно использовать зеркала. В CAVE-системах довольно сложной процедурой является калибровка, т.к. необходимо настроить трекинг одновременно относительно нескольких экранов. Для повышения реалистичности часто используются многоканальные системы звука с тем, чтобы симитировать звук из нужного направления. Возможно также создание дополнительных эффектов (запахов, вкусовых ощущений, внешних сил, ветра, брызг и т.д.).

5. Индуцированная и дополненная виртуальная реальность

Термин «индуцированная виртуальная реальность» означает [1], что множество виртуальных объектов образовано копиями реальных объектов, и поведение этих виртуальных объектов целиком подчиняется поведению (индуцируется поведением) реальных объектов. То есть в реальности происходит некоторый процесс, его параметры передаются в реальном масштабе времени в систему виртуальной реальности, которая содержит виртуальные копии всех объектов и элементов этого процесса. В соответствии с полученными значениями параметров система полностью повторяет те же действия с виртуальными объектами параллельно (одновременно) с движением реальных объектов. Например, рассмотрим процесс стыковки некоторого космического модуля к МКС. В Центр управления полетами поступает многочисленная телеметрическая информация, включающая положения, ориентации, скорости и т.д. модуля, МКС и других динамических объектов. По этим данным система виртуальной реальности в реальном времени моделирует аналогичные движения виртуальных моделей. Преимущество заключается в том, что в виртуальной сцене наблюдатель может перемещаться с виртуальной камерой и рассматривать процесс с разных точек зрения (приближаться, удаляться и т.д.). Как отмечалось выше, анализ визуальной информации человек производит

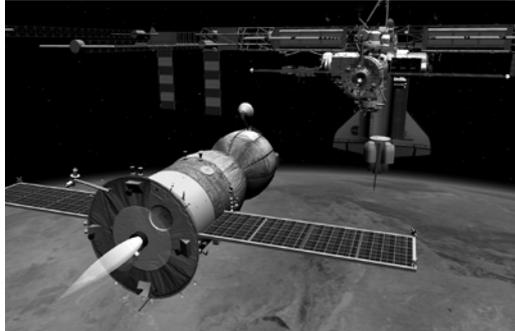


Рис. 11. Виртуальная сцена стыковки к МКС

намного быстрее и эффективнее, чем анализ потока чисел телеметрии. Человек наблюдает «копию» процесса и быстрее может обнаружить возможные проблемы и нестандартные ситуации. Кроме того, остальные космонавты и исследователи могут также наблюдать процесс как бы со стороны. На рис. 11 показан пример виртуальной сцены стыковки.

Возможна и другая задача: космонавт обучается стыковке на тренажере, построенном с использованием технологий виртуальной реальности, тренажер генерирует и посылает по сети соответствующую телеметрическую информацию, которая используется на другом конце для тренировки операторов Центра управления полетами.

Другим примером является работа в космосе с роботом-манипулятором. Имея на Земле виртуальную модель этого манипулятора и получая в режиме реального времени положения и ориентации всех его составляющих звеньев, можно синхронно «повторять» на виртуальной модели все движения реального манипулятора. На такой индуцированной модели можно одновременно следить за текущим движением манипулятора из различных ракурсов. На рис. 12 показано изображение стыковки манипулятором ERA, наблюдаемое сторонним наблюдателем из произвольной точки.

Другой разновидностью виртуальной реальности является дополненная виртуальная реальность. Она вносит отдельные искусственные элементы в восприятие реального мира, дополняет и расширяет информацию о наблюдаемом реальном мире. Часто для этих целей используется нацеленная индикация или специальные полупрозрачные очки. Простейшей формой является вывод дополнительной текстовой информации о том объекте, на который смотрит наблюдатель. Для идентификации объекта в этом случае часто используют специальные маркеры. Более сложным является наложение на реальный объект дополнительных визуальных виртуальных объектов. Рассмотрим, например, задачу ориентировки на внешней поверхности МКС. В настоящее время размеры МКС превышают 100 метров. В целях безопасности космонавт должен перемещаться по внешней поверхности станции только по поручням, пристегиваясь к ним карабином. Если космонавту необходимо переместиться из одного места станции в другое, то желательно иметь систему, которая автоматически построит оптимальный маршрут (по поручням) и при

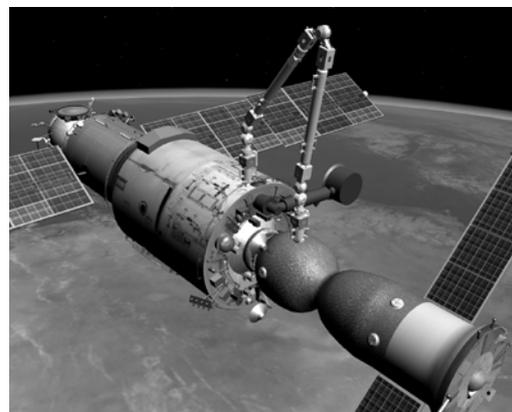


Рис. 12. Стыковка космических модулей с помощью робота-манипулятора ERA

перемещении космонавта будет визуально указывать ему этот путь, совмещая виртуальный путь с реальным видом МКС. При этом критерий оптимальности может быть выбран различным: минимальное число проходимых поручней, минимальная сложность прохождения пути и т.д.

Заключение

Рассмотренные технологии виртуальной реальности показывают, что их применение в имитационно-тренажерных комплексах подготовки космонавтов является перспективным. Оно может повысить качество и уменьшить продолжительность необходимых тренировок. Освоение новых технологий позволит расширить спектр задач, решаемых на космических тренажерах, улучшит их обучающие возможности. Увеличение степени сходства виртуальной и моделируемой реальной обстановки уменьшит дискомфорт космонавта при столкновении с реальностью открытого космоса. Научные исследования в области виртуальной реальности, действующие лаборатории (в частности, лаборатория виртуальной реальности НАСА в Хьюстоне), работающие стенды и тренажеры подтверждают большой потенциал этих технологий.

Работы, описанные в данной статье, проводятся при поддержке РФФИ, грант № 12-07-00256а.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Афанасьев В.О., Байгозин Д.А., Бурлаков С.К., Клименко С.В., Батурин Ю.М. Распределенные системы индуцированного виртуального окружения // Труды 6-й Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок: РГНИИЦПК им. Ю.А. Гагарина, 2005. – С. 167–168.
- [2] Кристофер. VR-шлемы и системы стереовидения. <http://www.3news.ru>, 2003.
- [3] Михайлюк М.В., Решетников В.Н., Хураськин И.А. Технология взаимодействия человека с виртуальной средой // Программные продукты и системы. – 2004. – № 2. – С. 16–19.
- [4] Михайлюк М.В., Хураськин И.А. Оптический трекинг с использованием разноцветных маркеров // Сб. научных трудов ИМВС РАН «Высокопроизводительные вычислительные системы и микропроцессоры». – Москва, 2006. – Вып. 9. – С. 80–90.
- [5] Хураськин И.А., Михайлюк М.В. Моделирование объемного видения в системах виртуального окружения, // Сборник трудов НИИСИ РАН, Москва. – 2007. – С. 69–80.
- [6] Хураськин И.А. Взаимодействие с виртуальными пультами управления сложными процессами // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2007. – № 2. – С. 31–41.
- [7] C. Doerrer, R. Werthschuetzky, Simulating Push-Buttons Using a Haptic Display: Requirements on Force Resolution and Force-Displacement Curve. // Proceedings of EuroHaptics Conference. – Edinburgh. UK. 2002.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МНОГОСТОРОННЕГО ХРАНИЛИЩА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПО МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В.И. Почуев, Л.М. Симаева, Р.Р. Каспранский

Канд. мед. наук В.И. Почуев; канд. техн. наук Л.М. Симаева; канд. мед. наук Р.Р. Каспранский (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Статья содержит информацию о многостороннем хранилище медицинских данных, разработанном в рамках проекта по Международной космической станции. Хранилище необходимо для хранения и накопления медицинских данных на членов экипажа с целью поддержки принятия медицинских решений специалистами и руководством в ходе подготовки к полету, полета и этапа послеполетной реабилитации. В статье приведены основные сведения о состоянии многостороннего хранилища медицинских данных, а также новые аспекты, связанные с дальнейшей разработкой и эксплуатацией хранилища.

Ключевые слова: медицинское обеспечение пилотируемых космических полетов, МКС, принятие медицинских решений, информационное обеспечение, хранилище медицинских данных.

The Current Status and Development Prospects of the ISS's Multilateral Medical Repository. V.I. Pochuev, L.M. Simaeva, R.R. Kaspransky

The paper contains information about the Multilateral Medical Repository developed within the framework of the ISS program (IMMR). This repository is needed to accumulate and store crew members' medical data to support decision-making by physicians and management in the course of training, spaceflight, and postflight rehabilitation. The paper provides basic information on the current status of the IMMR as well as new aspects related to further development and usage of it.

Keywords: medical support of manned spaceflight, ISS, medical decision-making, biomedical training, informational support, medical data repository.

Введение

Одной из основных задач, стоящих перед специалистами космической медицины, является интеграция работ по медицинскому обеспечению экипажей МКС [1]. Данная задача определена требованиями «Меморандума о взаимопонимании» между Роскосмосом и НАСА о сотрудничестве по Международной космической станции (МКС) от 29 января 1998 г. [2]. Одно из требований – создание общей интегрированной системы медицинского обеспечения и координации действий по обеспечению здоровья экипажей на основе общего согласия.

Было достигнуто соглашение о том, что целью научных исследований является взаимное научное сотрудничество и взаимный интерес в сфере медико-биологических исследований. Сбор до- и послеполетных данных позволит изучить влияние факторов космического полета на различные системы организма человека и разработать новые методы и средства для сохранения здоровья и работоспособности экипажей во время полета и при возвращении на Землю [3].

Совершенствование технологии информационной поддержки медицинского обеспечения медико-биологической подготовки (МБП), полета и этапа реабилитации после полета, сбор и обработка данных научных экспериментов, применение современной технологии обмена данных по компьютерным сетям дает значительный эффект в повышении уровня информационно-технического обеспечения

космического полета, а также в оказании лечебно-консультативной помощи экипажам в рамках программы МКС.

С целью разработки стратегии взаимодействия сторон и технической реализации задач по передаче, хранению и обработке медицинской информации по экипажам МКС была создана Международная рабочая группа по медицинской информатике и технологиям (Medical Informatics and Technology Working Group – MIT WG) при Многостороннем Совете по медицинским операциям МКС (Multilateral Medical Operations Panel – MMOP).

Группа активно работает с 2005 года, членами MIT WG являются специалисты по медицинской информатике и телемедицине, представляющие космические агентства партнеров по МКС: Роскосмос (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») и РНЦ РФ – ИМБП РАН, НАСА (США), ЕКА (Европа), ККА (Канада), ДжАКСА (Япония). Первоочередными задачами группы являются:

1. Обсуждение, подготовка и разработка пакета документов, регламентирующих управление и реализацию совместного пользования партнерами медицинских данных экипажей МКС и обеспечение их защиты.
2. Разработка многостороннего хранилища медицинской информации по МКС (ISS Multilateral Medical Repository – IMMR).
3. Тесное взаимодействие с другими рабочими группами MMOP с целью создания системы, значимой для будущих пользователей.

Разработка многостороннего хранилища медицинских данных

Укрупненная схема взаимодействия медицинских организаций-партнеров по МКС представлена на рис. 1 [1].

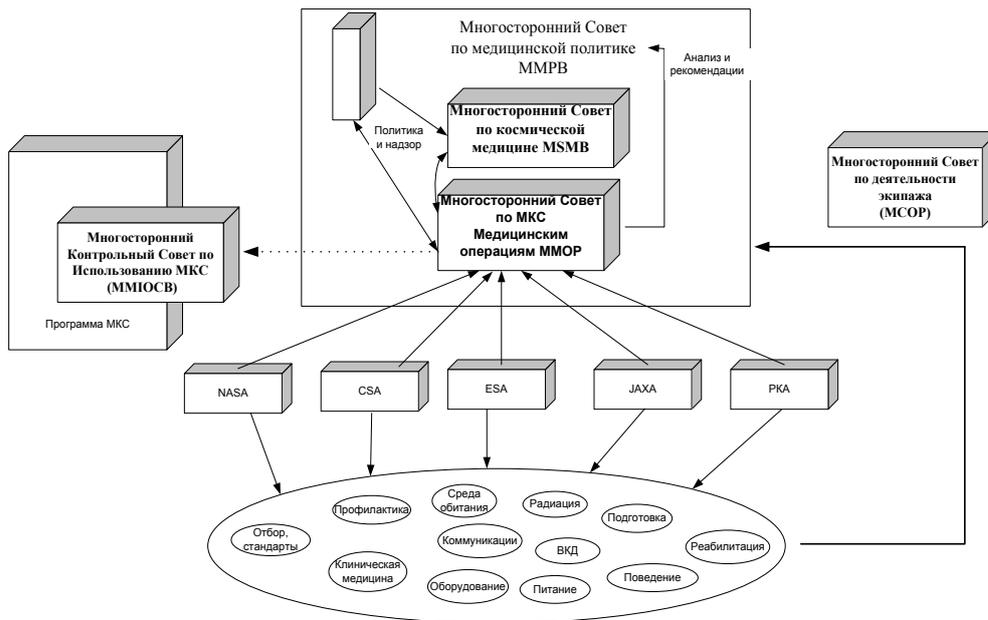


Рис. 1. Схема взаимодействия медицинских организаций-партнеров по МКС

ММОР руководит медицинским обеспечением МКС.

ММОР и MSMB (Multilateral Space Medicine Board – Многосторонняя комиссия по космической медицине) рассматривают и выносят решение по стандартам. Комиссия MSMB имеет право проводить медицинскую сертификацию членов экипажей МКС и экспедиций посещения. ММОР и MSMB работают на принципах консенсуса.

ММРВ (Multilateral Medical Policy Board – Многосторонняя комиссия по вопросам медицинской политики) является высшим органом медицинского управления, который осуществляет контроль над охраной здоровья экипажа, а также организует обсуждение спорных вопросов совместно с MSMB и ММОР.

МСОР (Multilateral Crew Operations Panel – Многосторонняя комиссия по операциям экипажа) получает решения и заключения от MSMB.

ММИОСВ (Multilateral Management Integration Operation Control Board – Многосторонняя комиссия по интеграции полета и операциям) получает требования и рекомендации от ММОР.

В процессе разработки IMMR специалисты группы руководствовались следующими документами:

- руководящими документами, регламентирующими многосторонний обмен медицинской информацией по программе МКС [4, 5, 6, 7];
- информационными потоками медицинских данных в ходе подготовки к полету, управления полетом и послеполетной реабилитации экипажей [8];
- составом медицинской информации, предназначенной для многостороннего обмена [7];
- условиями безопасного хранения и передачи медицинских (персональных) данных космонавтов и астронавтов при многостороннем обмене медицинской информацией [9, 10, 11];
- законодательной базой по работе с персональной информацией [12, 13, 14, 15];
- техническими возможностями партнеров.

Анализ требований руководящих документов, регламентирующих многосторонний обмен медицинской информацией по программе МКС, и анализ существующих потоков медицинской информации в ходе подготовки к полету, управления полетом и послеполетной реабилитации экипажей по программе МКС позволили определить состав медицинской информации, предназначенной для хранения в IMMR и многостороннего обмена.

В процессе работы специалисты группы разработали пакет документов разного уровня ответственности (НАСА, ММОР, MIT WG), регламентирующих процесс сбора, накопления и защищенного обмена медицинскими данными между партнерами по МКС, позволяющий формализовать и юридически обосновать обмен медицинскими данными между партнерами по МКС.

В обобщенном виде структура, индексация и взаимосвязь многосторонних документов по обмену медицинскими данными между партнерами по МКС представлены на рис. 2 [16]. Отдельно выделены группы документов разного уровня ответственности, разрабатываемые ММОР и MIT WG:

100 – MDS Security Policy (Политика безопасности в области обмена медицинскими данными). Содержит подписи ММОР, определяет основные категории данных и безопасности.

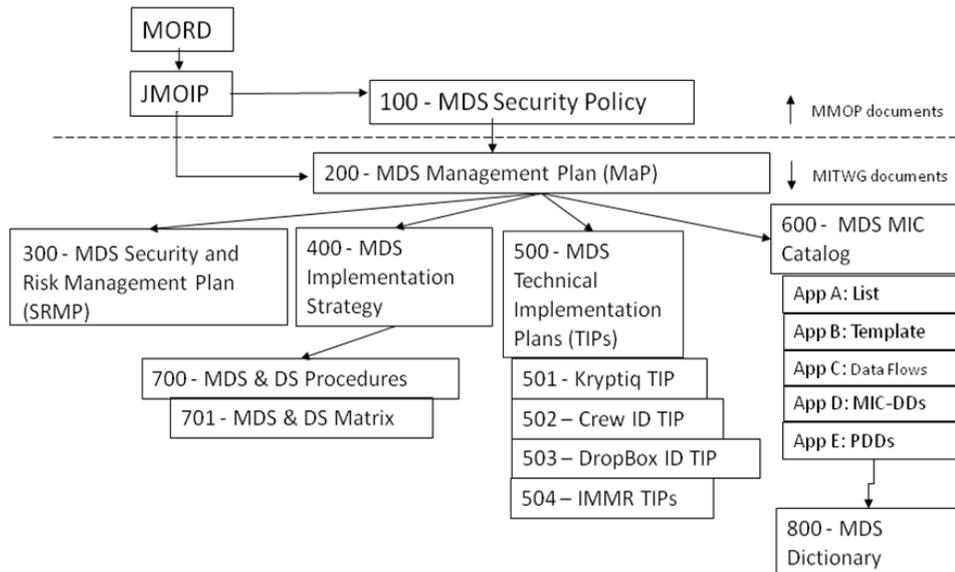


Рис. 2. Структура и взаимосвязи многосторонних документов по обмену медицинскими данными между партнерами по МКС

200 – MDS MaP (Medical Data Sharing Management Plan) (План управления обменом медицинскими данными). Обеспечивает краткий обзор процесса обмена данными.

300 – MDS SRMP (Medical Data Sharing Security and Risk Management Plan) (План управления рисками и безопасностью обмена медицинскими данными). Обеспечивает краткий обзор многостороннего процесса безопасности. Объясняет различие между уменьшением риска и безопасностью. Должен быть заполнен каждым медицинским «юридическим лицом».

400 – MDS Implementation Strategy (Стратегия выполнения MDS).

500 – MDS Technical Implementation Plans (MDS Технические планы выполнения). Обеспечивает детали для развития и испытания каждой технологии, метод или инструмент, который исследуется, обеспечивает план выполнения одобренных технологий.

600 – MDS MIC Catalog (Каталог хранимых документов). Прил. А – Список. Прил. В – Шаблон описания данных. Прил. С – Схемы потоков данных. Прил. D – Описание данных в хранилище. Прил. Е – Описание данных партнеров.

700 – MDS&DS Procedures (Процедуры MDS&DS). Список всех одобренных процедур обмена данных между партнерами.

701 – MDS&DS Matrix (Матрица MDS&DS). Список документов, которые были согласованы для обмена данными между партнерами для любого экипажа.

800 – MDS Dictionary (Словарь данных MDS). Список элементов данных, подлежащих обмену.

В настоящее время IMMR используется для:

- хранения и накопления медицинских данных на всех членов экипажа по всем этапам подготовки, полета и реабилитации;

- информационного обеспечения Группы медицинского управления космическим полетом;
- поддержки принятия медицинских решений специалистами и руководством в ходе подготовки к полету, полета и этапа послеполетной реабилитации;
- накопления данных для анализа и совершенствования медицинского обеспечения космических полетов.

В будущем на IMMR возлагается реализация аналитических функций:

- оценка результатов каждого проведенного исследования, занятия в соответствии с программой МБП; оценка динамики изменения показателей по циклу исследований или за заданный промежуток времени;
- оценка динамики изменения соматического и психического здоровья космонавта в ходе подготовки к полету и во время полета;
- оценка состояния космонавта до полета, в полете и после полета для коррекции мероприятий по медицинскому обеспечению полета;
- формирование итогового отчета по полету;
- проведение научно-исследовательских работ, написание научных статей, диссертаций.

По согласованию с ММОР специалисты MIT WG определили этапы разработки IMMR:

1-й этап – создание версии IMMR, включающей базы данных и файловые системы для начала ее эксплуатации.

2-й этап – создание единой базы данных с возможностями обращения к детальным данным средствами IMMR.

3-й этап – создание программных средств анализа данных, интеграции данных (создание документов высокого уровня), поддержки принятия решения.

Первая очередь IMMR – официального многостороннего хранилища медицинских данных членов экипажа и соответствующих полетных данных, необходимых для проведения медицинских операций и поддержки принятия решений, запущена в эксплуатацию на основе технологии Microsoft SharePoint, активно используемой партнерами в НАСА для организации совместной работы с данными [17, 18]. Доступ к системе осуществляется через стандартный веб-браузер. Это решение не требует дополнительных финансовых вложений от пользователей и обучения значительной части персонала, позволяет распределять доступ к данным, осуществлять поиск информации.

На рис. 3 показана укрупненная структура программно-технической реализации и связи 1-й фазы IMMR. По мере развития IMMR для пользователей IMMR-партнеров по МКС постепенно будут расширены возможности доступа к данным в IMMR.

1-я фаза IMMR основана на использовании возможностей медицинской информационной системы НАСА для врача экипажа – CSSO (Crew Surgeon Signoff – Прикладная программа «Система предоставления информации CS для ознакомления и процедур ручного перемещения информации»).

Одна из задач IMMR – архивирование документов. В реальной деятельности в ЦУПе-М и ЦУПе-Х часто возникает необходимость ретроспективного просмотра архивных медицинских данных космонавтов (астронавтов).

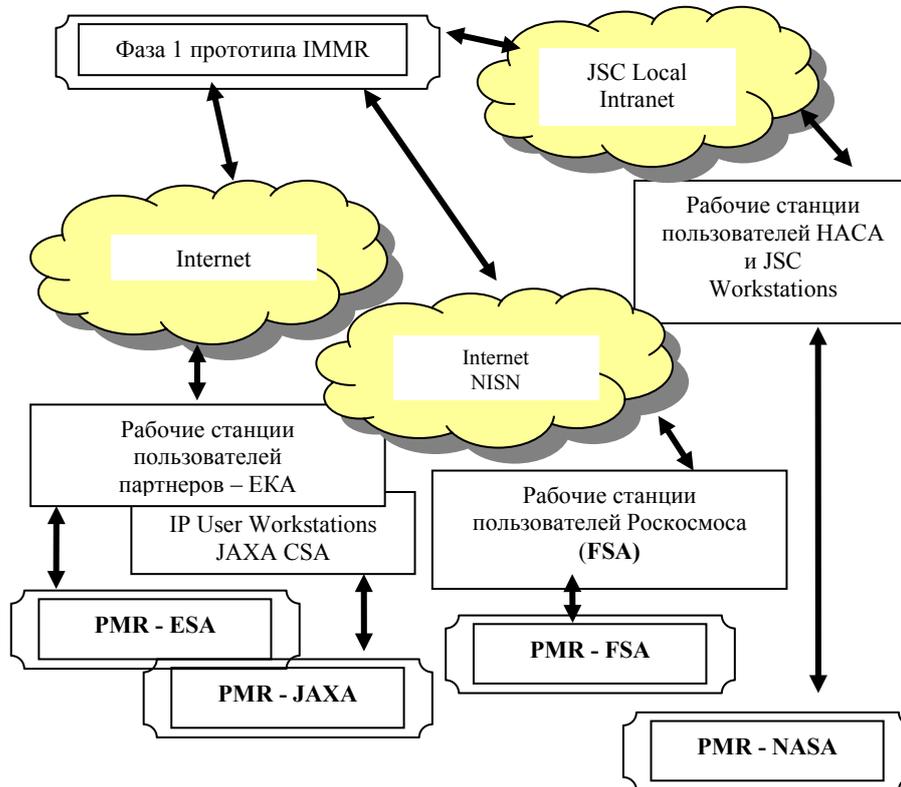


Рис. 3. Структура и связи 1-й фазы IMMR

Для обеспечения задачи архивирования данных должна быть решена задача структурированности хранилища информации:

- оперативное хранилище (информация используется в практической деятельности ежедневно);
- долговременное хранилище (информация используется для эпизодического просмотра, исторического обзора, ретроспективного научного поиска).

Система IMMR содержит контент с разграниченным доступом [19]. Потребители информации собраны в группы и имеют различные права доступа к информации, определяемые их должностными обязанностями. Группы потребителей информации частично коррелируют с рабочими группами в рамках ММОР. Данные могут быть предоставлены как нескольким группам в совместное использование, так и эксклюзивно малому кругу лиц [18]. Для получения доступа к системе требуется пройти процедуру согласования со службами информационной безопасности НАСА.

Архитектура многостороннего хранилища медицинской информации на сегодняшний день представлена на рис. 4.

В IMMR предусмотрено 5 уровней хранения данных в электронном виде:

1. Первичная информация из лабораторий и с борта МКС.
2. Хранилища информации у партнеров по МКС в агентствах и их организациях.

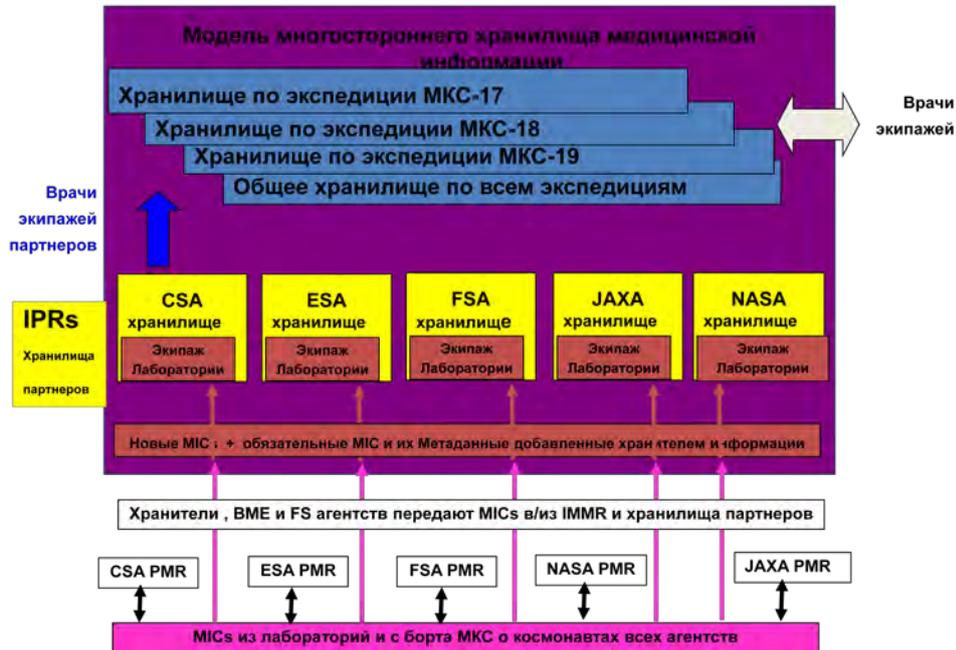


Рис. 4. Архитектура многостороннего хранилища медицинской информации

3. Хранилища информации партнеров в IMMR (накопление информации в ходе подготовки конкретного экипажа, утвержденного на полет).

4. Хранилища информации по конкретному экипажу с момента старта (фоновые значения) и полетные данные.

5. Архив (хранение информации по всем экспедициям).

Предусмотрены режимы работы пользователей IMMR:

- для общей части:
 - для администратора IMMR – все режимы: ввод, корректировка, просмотр, удаление;
 - для партнеров – только режим просмотра по допуску;
- для партнерской части:
 - для хозяина данных – все режимы: ввод, корректировка, просмотр, удаление;
 - для других партнеров – только режим просмотра по допуску.

Важную часть работы составила организация доступа к IMMR для российских партнеров. В рамках решения проблемы был изучен и реализован вариант использования в ГНЦ РФ–ИМБП РАН, Центре управления полетами в Москве и ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» системы защищенного удаленного доступа к данным VPN (Virtual Private Network – виртуальная частная сеть), т.н. Remote Access VPN. Данная технология позволила создать защищенный канал между сегментом внутренней сети НАСА, где расположен сервер IMMR, и пользователем, работающим с хранилищем удаленно (вне контура Космического центра им. Джонсона).

Для обеспечения обратной связи для пользователей IMMR был разработан интерактивный сайт [20], позволяющий оценивать работу IMMR и вносить предложения по его усовершенствованию и развитию. Сайт работает на аппаратно-программной базе ИМБП-ЦУМОКО (Центр управления медицинским обеспечением космических объектов).

Вопросы биоэтики и добровольного согласия космонавтов и астронавтов в медицинских исследованиях на борту МКС

Интеграция научных программ на МКС, в частности, медико-биологических исследований, требует согласования подходов к биоэтической экспертизе медико-биологических исследований и получения информированного согласия от членов экипажа на участие в экспериментах.

Биоэтическая экспертиза медико-биологических исследований, которые направлены на решение фундаментальных и прикладных задач, связанных с обеспечением безопасности и повышением эффективности профессиональной деятельности человека в экстремальных условиях, является важным гарантом того, чтобы эти исследования не создавали угрозы жизни, здоровью, работоспособности и социальному статусу испытуемых и проводились при неукоснительном соблюдении правовых, гуманитарных и этических норм.

Биоэтическая экспертиза методики проведения экспериментов на первой стадии формирования программы медико-биологических исследований проводится Комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ–ИМБП РАН в соответствии с «Биоэтическими правилами проведения исследований на человеке и животных» [21] и «Положением о Комиссии», утвержденным директором ГНЦ РФ–ИМБП РАН, председателем Российского национального комитета по биоэтике РАН и согласованным заместителем генерального директора РКА [22].

Проведение медико-биологических исследований всегда предполагает некоторый риск для испытуемых. Поэтому разработан специальный документ «Информированное согласие на участие в исследованиях». В этом документе излагается краткое содержание эксперимента и описание любого риска для состояния здоровья, связанного с выполнением эксперимента. В случае согласия на участие в этих исследованиях член экипажа подписывает «Информированное согласие на участие в исследованиях» [3, 21, 23, 24].

Вопросы защиты интеллектуальной собственности

В ходе разработки IMMR актуальна проблема защиты интеллектуальной собственности и потенциальной интеллектуальной собственности. Еще в 1992 году порядок охраны интеллектуальной собственности был изложен в «Соглашении между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях» [25].

Настоящее Соглашение регулирует вопросы распределения прав, интересов и отчислений (роялти) между Сторонами. Каждая Сторона обеспечивает возможность другой Стороне получение прав на интеллектуальную собственность, распределенную в соответствии с Соглашением, путем приобретения этих прав от своих участников на контрактной основе или при необходимости другими предусмотренными законом средствами. Настоящее Соглашение не изменяет каким-либо иным образом и не наносит ущерб регулированию вопросов распределения

между Стороной и ее участниками, которое определяется законами и практикой этой Стороны.

Стороны обеспечивают надлежащую и эффективную охрану интеллектуальной собственности, созданной или предоставленной в рамках настоящего Соглашения и соглашений, заключенных в соответствии со статьей II настоящего Соглашения. Такие соглашения могут содержать различные положения об охране и распределении интеллектуальной собственности.

Что касается совместного использования партнерами по МКС медицинских данных по членам экипажей МКС, то в настоящее время юридические основы нечетко прописаны в руководящих документах [4, 5, 6, 8]. Законодательством регламентируются правоотношения по работе с интеллектуальной собственностью. Но интеллектуальной собственностью являются результаты обработки данных из многостороннего хранилища медицинских данных. Пока они не обработаны, речь может идти только лишь о потенциальной интеллектуальной собственности, содержащейся в совокупности данных.

Наиболее трудным было решение вопроса о публикации научных результатов. Все публикации должны быть согласованы как российскими исследователями, так и исследователями ЕКА, НАСА (в случае интеграции экспериментов). Предполагается, что исследователи, работающие по Международной программе медико-биологических научных исследований в соответствии с правилами НАСА, будут сохранять исключительные права на публикацию своих результатов в течение одного года после получения результатов [3]. По мнению членов ММОР, потенциальная интеллектуальная собственность может быть защищена только многосторонним соглашением по совместной обработке данных. То есть опять возникает необходимость разработки нового многостороннего документа. Для этого необходимо участие специалистов с юридическим образованием.

Заключение

Создание ИММР выявило много проблем:

- технические (использование партнерами разных программных платформ, отсутствие каналов обмена данными с партнерами, отсутствие современных средств защиты медицинской информации);
- юридические (неоднозначное толкование термина «конфиденциальность» в России, несоответствие классификации уровней закрытости информации у партнеров по МКС, не решены вопросы использования криптографических средств при обмене медицинской информацией между партнерами по МКС, отсутствие юридических основ совместного использования данных партнерами по МКС);
- организационные (отсутствие кадрового обеспечения разработки и сопровождения ИММР, отсутствие подготовленных специалистов по современным информационным технологиям и защите информации);
- лингвистические (отсутствие специалистов для квалифицированного перевода медицинской информации);
- финансовые (финансирование развития существующей медицинской информационной системы, закупок программно-технических средств для ИММР в России, материальное стимулирование персонала, финансирование командировок рабочей группы по медицинской информатике и технологиям) и др.

Переход к использованию электронных форм информационного обмена с использованием сложных программно-технических систем трансграничного об-

мена МИ потребует создания группы подготовленных специалистов для выполнения технологии информационного обмена. Планируется в дальнейшем провести расчет потребности в организационно-штатном обеспечении работ на основе анализа потоков информации и затрат на выполнение различного рода работ по поддержанию задач IMMR как на многостороннем уровне, так и на уровне агентств, включая организации, создающие и использующие медицинскую информацию о членах экипажа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Богомолов В.В., Самарин Г.И. Медицинское обеспечение здоровья и безопасности экипажей МКС // Космическая биология и медицина: В 2 т. Том 1. Медицинское обеспечение экипажей МКС. – РНЦ РФ–ИМБП РАН, 2011 г. – С. 33–50.
- [2] Меморандум о взаимопонимании от 29 января 1998 года между Российским космическим агентством и Национальным управлением Соединенных Штатов Америки по аэронавтике и исследованию космического пространства относительно сотрудничества по Международной космической станции гражданского назначения // Электронный ресурс, доступ URL: www.fdv.sdbf/html свободный.
- [3] Моруков Б.В., Белаковский М.С., Самарин Г.И. Международное сотрудничество при реализации научных медико-биологических исследований и экспериментов // Космическая биология и медицина: В 2 т. Том 2. Медико-биологические исследования на российском сегменте МКС. РНЦ РФ–ИМБП РАН, 2011 г. – С. 458–474.
- [4] International Space Station Joint Medical Operations Implementation Plan (ISS JMOIP), SSP 50480.
- [5] International Space Station Medical Operations Requirements Document (ISS MORD). Revision C. Incorporates DCN 007. February 2006.
- [6] ISS Medical Operations Data and Communication Concepts and Requirements, JSC-28289.
- [7] Medical Evaluation Documents (MED), SSP 50667.
- [8] Tao T Zhang, Gina G Aranzamendez, Susan S Rinkus, Yang Y Gong, Jamie J Rukab, Kathy Johnson-Throop, Jane T J Malin, Jiajie J Zhang “An Information Flow Analysis of a Distributed Information System for Space Medical Support”, 2004. Stud Health Technol Inform 107(Pt 2):992-6.
- [9] Data Sharing Security and Risk Management Plan (MDS SRMP). March 24, 2006, MIT WG 300.
- [10] MMOP Multilateral Medical Data Sharing Principles. Date of MMOP approval MITWG Draft -18 June 2012.
- [11] Johnson-Throop, Kathy “IT Challenges for Space Medicine”, August 16, 2010 http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100033731_2010036785.pdf
- [12] Privacy Act of 1974. (Закон США о Приватности 1974 года).
- [13] 152-ФЗ «О персональных данных» от 27 июля 2006 г.
- [14] 261-ФЗ РФ «О внесении изменений в Федеральный закон «О персональных данных» от 25 июля 2011 г.
- [15] Директива 95/46/ЕС Европейского парламента и Совета европейского союза от 24 октября 1995 года о защите прав частных лиц применительно к обработке персональных данных и о свободном движении таких данных.
- [16] Medical Data Sharing Management Plan (MaP), MIT WG 200 (План управления обменом медицинскими данными).
- [17] Vowell, C. W.; Johnson-Throop, Kathy; Smith, Bryon; Darcy, Jeannette “IMMR Phase 1 Prototyping Plan Inputs”, October 23, 2006 http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20070029989_2007025858.pdf
- [18] Yang Gong, Tao Zhang, Jamie Rukab, Kathy Johnson-Throop, Jane Malin, Jiajie Zhang “Design and Development of a Search Interface for an Information Gathering Tool”, 2004 Stud Health Technol Inform 107(Pt 2):1471-5.
- [19] Medical Data Sharing and Data Security Procedures (MDS & DS Procedures), NASA, ISS Program, JSC. Draft August 06, 2008. MITWG 1006.

- [20] <http://fbf.imbp.ru> доступ свободный.
- [21] Биоэтические правила проведения исследований на человеке и животных в организациях Федерального космического агентства // Электронный ресурс, доступ URL: bioethics.imbp.ru/Appendix/App1_1a.doc свободный.
- [22] Положение о биоэтической экспертизе медико-биологических исследований на МКС. (Введено в действие решением директора ГНЦ РФ–ИМБП РАН, заместителя председателя Российского национального комитета по биоэтике РАН и первого заместителя руководителя Российского авиационно-космического агентства в 2000 г.) // Электронный ресурс, доступ URL: <http://bioethics.imbp.ru/Rules/Statute.html> свободный.
- [23] Григорьев А.И., Пестов И.Д. Нравственные основы космической медицины // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2008. – Т. 42. – № 6. – С. 5–9.
- [24] Пестов И.Д., Смирнова Т.А., Касаткина Т.Б. Этическое и правовое регулирование исследований по защите человека от воздействия экстремальных факторов авиационных и космических полетов // Человеческий фактор в инновационном развитии авиации и космонавтики. – М.: Полет, 2009.
- [25] «Соглашение между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях», Вашингтон, 17 июня 1992 г.

ОБЗОРЫ

OVERVIEWS

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВОДНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МИКРОСПУТНИКОВ

В.В. Капранов, О.В. Заяц, Т.А. Никитина
(РКК «Энергия»)

Technology of Wireless Powering for Micro-Satellites

V.V. Kapranov, O.V. Zayats, T.A. Nikitina
(RSC-Energy)

Возможность отказа от использования проводов всегда была привлекательной для различных приложений. И для передачи информации там, где это возможно, этот отказ был осуществлен: радио, телефония, интернет. В то же время беспроводная передача энергии представляется более сложной технологией, хотя идея появилась еще в начале прошлого века. Системы передачи энергии, основанные на СВЧ-технологии и реализованные с высокими показателями КПД и уровней мощности, не нашли своего применения ввиду больших размеров излучателей и приемников, обусловленных используемой длиной волны. Технология передачи энергии лазерным излучением может решить эту проблему, уменьшив характерные размеры систем на 4 порядка в соответствии с соотношением длин волн ИК и СВЧ-излучения. Но работы по созданию систем беспроводной передачи электрической энергии лазерным излучением стоят в начале пути, так как реализация подобной технологии стала возможной только на современном уровне развития техники.

В настоящее время большой интерес проявляется к созданию и использованию малых космических аппаратов – адекватной замене больших КА. Это объясняется многими преимуществами микроспутников (МС):

1. Сравнительно низкая цена, а также небольшое время, необходимое для разработки и изготовления микроспутника.

2. Низкая цена запуска космического аппарата. Ракета-носитель даже легкого класса способна вывести на орбиту несколько микроспутников. Кроме этого, для запуска применяются конверсионные баллистические ракеты, которые в соответствии с договорами уничтожаются путем запуска в космос с полезной нагрузкой. Легкие космические аппараты могут выводиться в качестве попутного груза на ракетах-носителях или в транспортных кораблях, доставляющих грузы на долговременные орбитальные станции.

3. Снижение риска больших финансовых потерь при гибели микроспутника в случае аварии РН на старте или при неудачном выведении его на рабочую орбиту.

Вследствие малого веса и габаритов, МС во многих случаях выводились на орбиту в качестве попутного груза вместе с большим КА либо совместно с другими МС. В ряде стран, желающих решать свои задачи в космосе, нет развитой космической инфраструктуры. Многие страны используют МС при отсутствии собственных космодрома и ракеты-носителя.

За 55 лет космической эры было запущено более 800 микроспутников, среди которых большая часть принадлежала США и СССР. Две трети всех МС решали задачи связи и около десятой части – целевые задачи разведки и навигации. Остальные МС (около 15 %) применялись для исследовательских целей и экспериментов.

Тридцать третьей экспедицией МКС было запущено пять микроспутников CubeSat (кубики 10 на 10 см) (рис. 1), используя оборудование, разработанное Японским космическим агентством. Среднее время жизни таких спутников 1 месяц, средняя стоимость запуска 30 000 долларов (для обычных спутников время жизни порядка 10 лет, стоимость запуска 3,5 млн долларов по смете в США). Увеличив время жизни CubeSat до 1 года, используя технологию беспроводной передачи энергии и небольшую модификацию стандартного корпуса, его эффективность возрастет в 5 раз. Отметим, что средние параметры CubeSat – это потребление менее 5 Вт. А также для этого стандарта уже разработаны двигатели, способные развивать тягу 50 мкН, размеры двигателя менее 1 см³ (рис. 2).



Рис. 1. CubeSat

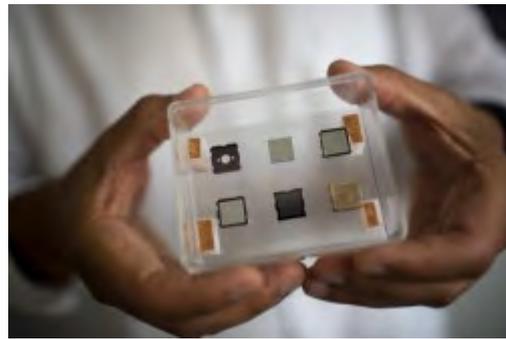


Рис. 2. Двигатель крошечных размеров для CubeSat

Системы дистанционного энергоснабжения на основе технологии беспроводной передачи электрической энергии лазерным излучением позволят решить несколько актуальных задач ракетно-космической техники. Энергоснабжение космических аппаратов посредством предлагаемой технологии позволит увеличивать мощность бортовой аппаратуры при уменьшении размера солнечных панелей или их замене на компактные специализированные приемники. Отдельно стоит отметить низкоорбитальные микроспутники, время жизни которых крайне мало. Поддерживание орбиты небольшой двигательной установкой с внешним источником энергии позволило бы увеличить срок жизни с нескольких месяцев до нескольких лет. Установка специализированной системы на МКС позволила бы отслеживать запущенные со станции спутники и передавать энергию, необходимую для поддержания орбиты.

Для отработки технологии беспроводной передачи энергии лазерным излучением с последующим созданием систем дистанционного энергоснабжения для малых космических аппаратов необходимо выполнить работы в несколько этапов. Первый этап – это создание качественной системы контроля (поиска, удержания малого объекта) космического аппарата и отработка этой системы на различных мишенях (модели малых спутников) с участием космонавтов. Второй этап – совмещение реальной системы передачи энергии и системы контроля, отработка на различных мишенях.

Основным показателем уровня развития технологии беспроводной передачи энергии является ее общий КПД и передаваемая мощность, и для малых космических аппаратов эффективное использование технологии возможно уже на современном этапе развития космонавтики (для спутника массой менее 50 кг энергопотребление составляет обычно не больше 50 Вт, соответственно при КПД всего тракта 10 % на борту МКС необходим лазер мощностью 500 Вт).

В настоящее время в России исследования по беспроводной передаче энергии лазерным излучением проводят НПО им. Лавочкина и РКК «Энергия» в кооперации с ОАО «НПП «Квант», ОАО «ЛОМО», МАИ, НИЯУ МИФИ и другими. Ввиду привлекательности и перспективности технологии, в ближайшее время стоит ожидать интереса со стороны других групп и организаций, которые могут начать вести собственные исследования или присоединиться к существующей кооперации.

Ситуацию в мире отслеживать несколько сложнее ввиду сравнительно небольшого количества публикаций, хотя исследования проводятся. В настоящее время о своих намерениях заявляют только две организации – «Laser Motive» (США) и международная компания «EADS Astrium».

Laser Motive работает над созданием систем дистанционного энергоснабжения беспилотных летательных аппаратов и уже имеет демонстрационный образец, характеристики которого не разглашаются. Образец в ближайшие несколько лет может стать коммерческим продуктом, об успешности которого сложно пока судить, поскольку рынок систем дистанционного энергоснабжения находится в зачаточном состоянии.

EADS Astrium занимается разработкой системы энергоснабжения Земли из космоса, хотя при получении технологии беспроводной передачи энергии может использовать ее для различных приложений. Дистанционное энергоснабжение из космоса имеет более отдаленные перспективы, нежели энергоснабжение БЛА или КА, поэтому не стоит ожидать от этой компании реальных результатов по заявленным целям ближайшие 10 лет, хотя демонстрационные эксперименты, направленные на подтверждения преимуществ технологии для привлечения средств, могут быть реализованы.

Отслеживая актуальную информацию о разработках по тематике БПЭЭ в мире, можно утверждать, что отечественные разработки являются передовыми и находятся почти на одном уровне с другими, отставая лишь по этапности реализации.

В настоящее время работа находится на стадии изготовления лабораторных наземных макетов при параллельном продолжении научно-исследовательских работ. Разрабатывается макет для передачи энергии до 300 Вт на расстояния до 0,5 км для подтверждения максимального КПД, обусловленного эффективностью отдельных компонентов. Макет будет использоваться для статических лабораторных исследований и передаче энергии на беспилотный летательный аппарат. Другой лабораторный макет предназначен для экспериментальных исследований по зарядке аккумуляторов различного типа при использовании различной структуры фотоэлектрических преобразователей и различной структуры излучения и получаемых при этом пятен засветки.

В программу экспериментов на МКС включен эксперимент «Пеликан» (беспроводная передача энергии лазерным излучением с МКС на КА «Прогресс»).

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

МИФЫ О ПОЛЕТАХ НАЦИСТОВ В КОСМОС

Б.И. Крючков, Г.С. Крючкова, Т.И. Берёзина

Докт. техн. наук Б.И. Крючков (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Г.С. Крючкова (МОУ СОШ им. В.М. Комарова)
Т.И. Берёзина (РУДН)

В статье рассматриваются материалы, опубликованные в различных источниках, о якобы выполненных нацистами в годы Второй мировой войны пилотируемых полетах в космос. Анализ этих материалов показывает, что практически все они являются выдуманными историями и не имеют под собой никакой реальной основы. Подавляющее большинство этих «трудов» характеризуется отсутствием у их авторов каких-либо элементарных знаний в сфере космонавтики. В ряде случаев «исторические изыски» авторов можно расценивать как откровенную фальсификацию.

Ключевые слова: космос, ракета, пилотируемый корабль, Вернер фон Браун, Пенемюнде, клон, национал-социализм, авиация, Люфтваффе.

Myths About the Nazis' Flights to Space. B.I. Kryuchkov, G.S. Kryuchkova, T.I. Beryozina

The paper deals with the material published in various sources about piloted space flight allegedly performed by the Nazis during the Second World War. Analysis of the material shows that almost all of them are made-up stories and does not have any real basis. The overwhelming majority of these “works” demonstrates that their authors have no rudiments of knowledge in the field of cosmonautics. In some cases, the “historical crotchet” of the authors can be considered as a blatant falsification.

Keywords: space, rocket, piloted vehicle, Wernher von Braun, Peenemunde, klon, national socialism, aviation, Luftwaffe

Почти сразу после Второй мировой войны в печати стали появляться разного рода материалы о пилотируемых полетах нацистов в космос. Видимо, их появление было как-то связано с успехами немцев в создании и применении ракетного оружия на острове Узедом, где размещался ракетный центр Пенемюнде. Как ни странно, возможно, одним из первых, кто возбудил интерес к нацистской ракетной программе, был американский писатель Р. Хайнлайн, ныне один из популярнейших авторов. В 1947 году он издал свой первый роман под названием «Ракетный корабль «Галилей», в котором изложил фантастическую историю о создании немцами лунной базы.

В романе русских писателей А. Лазарчука и М. Успенского «Посмотри в глаза чудовищ» рассказан еще один миф о полете пилота Люфтваффе К. Келлера на Луну [1].

В 1999 году появилась новая история, быстро обошедшая многие зарубежные и отечественные СМИ. В Атлантическом океане якобы была найдена капсула с астронавтами-нацистами, которые побывали в космосе, 47 лет находились в анабиозе и вернулись на Землю.

А. Первушин [4] сообщает, что он лично знает автора, который придумал один из мифов об астронавтах Третьего рейха «из чисто хулиганских побуждений».

Пожалуй, дальше всех в создании мифов о полетах нацистов в космос пошел некий Ганс-Ульрих фон Кранц – этнический немец, проживающий ныне в Аргентине. Фон Кранц (сейчас ему около 62 лет) – сын офицера СС, сбежавшего в Южную Америку в конце войны, куда подались многие фашистские преступники, спасаясь от возмездия за совершенные злодеяния.

Зачастую, особенно в электронных изданиях, Ганса-Ульриха фон Кранца называют писателем и исследователем. Что касается писательства, тут не поспоришь. Его плодовитости могут позавидовать многие авторы. На полках российских книжных магазинов и в интернет-изданиях за последние шесть-восемь лет появилось около десятка книг, в которых Кранц как бы пытается раскрыть самые загадочные истории Третьего рейха. Вот некоторые из них: «Свастика во льдах. Тайная база нацистов в Антарктиде», «Демоны со свастикой. Черные маги Третьего рейха», «Дети фюрера: клоны Третьего рейха», «Тайное оружие Третьего рейха», «Золото Третьего рейха», «Аненэрбе. Секретный проект Гитлера» и др.

Большое сомнение вызывает исследовательский статус трудов фон Кранца, поскольку в них нет ссылок ни на один исторический документ, не приводится ни одного официального источника, которые хоть как-то подтвердили бы рассуждения автора. Все его «находки» и «открытия» основываются на доступных только ему материалах и на сведениях анонимных «авторитетных» специалистов. О каком-то анализе или системном подходе к изучению исторических событий и речи не идет.

Из всего изобилия трудов всеядного автора наше особое внимание привлекла книга под названием «Свастика на орбите» [5], которая призвана показать, что первым в мире космонавтом был представитель Третьего рейха. Большинство «космических открытий» из этого труда продублировано в книге «Мистические тайны Третьего рейха». Детальный анализ произведения показывает, что вся рассказанная Гансом-Ульрихом фон Кранцем история – сплошной вымысел, построенный на плохом знании реальных событий, ошибочных представлениях о космонавтике и попытках исказить известные исторические события.

Исторический труд фон Кранца начинается в духе классического детектива – происходит некое удивительное событие, из которого раскручивается загадочная история с неожиданным концом. В Аргентине, где проживает автор, на Землю падает немецкий пилотируемый космический корабль времен национал-социализма, и после эвакуации его останков официальными властями автор лично на месте падения находит фрагменты тела космонавта и конструкции аппарата. Затем кто-то проводит анализы и того и другого, на основании которых делается вывод, что первый пилотируемый корабль был запущен немцами якобы в марте 1945 года. Более того, оказывается, первым в мире космонавтом был не какой-нибудь там чистокровный ариец, а клон (!) одного из нацистских суперменов. Звали этого клона-пилота корабля Людвиг фон Браун. Вот так! А все думали, что первым клоном на Земле была овечка Долли.

Имя фон Браун сразу же ассоциируется с именем знаменитого конструктора Вернера фон Брауна, которому в книге отводится довольно много места. До 1945 года он работал на нацистов, а с 1945 года и до конца своей жизни (он умер 16.06.1977 г. в возрасте 65 лет) – на американцев. Не ясно, зачем понадобилось Кранцу возводить некий ореол таинственности вокруг фигуры Брауна, ведь о нем в настоящее время известно почти все. Во всяком случае, о его семье, первых шагах в космонавтике, работе в Пенемюнде можно найти довольно много источников и, в том числе, на родном для автора немецком языке. Но для фон Кранца они оказа-

лись, видимо, недоступны. Иначе как объяснить, например, его утверждение о том, что Вернер фон Браун был «единственный ребенок в семье...»? Хорошо известно, что у него было два брата. Представительный немецкий журнал «Spektrum der Wissenschaft», полностью посвятивший один из своих номеров [2] Вернеру фон Брауну, на стр. 18 публикует его фотографию с братьями Сигизмундом и Магнусом. Известны семейные фотографии братьев фон Браун и по другим источникам. Так, в биографии [3] приведены даже три фотографии братьев фон Браун, сделанные в разные периоды их жизни. Сигизмунд был самым старшим, он родился в 1911 году, Вернер – средним, он родился в 1912 году, а младший Магнус – в 1919 году.

Являются неверными и многие другие биографические данные о Вернере фон Брауне, приводимые автором «Свастики...». Явная путаница произошла у него с обучением Брауна в университетах. По Кранцу, он в 1930 году успешно окончил «Высшую техническую школу в Цюрихе...», чего на самом деле не было. В 1930 году Вернер Браун в возрасте 18 лет был зачислен в Высшую техническую школу, расположенную в Шарлоттенбурге (один из районов Берлина). В высшую техническую школу Цюриха он поступил летом 1931 года, но не проучился в ней и месяца. В конце сентября Браун вернулся в Берлин и в дальнейшем продолжал обучение только в этом городе. Диплом инженера-механика он получил в Техническом университете Берлина в 1932 году.

Кроме того, сотрудником управления сухопутных войск немецкой армии по отделению ракетных программ (в качестве гражданского специалиста) он стал не в 1930, как утверждает автор, а в 1932 году. Далее фон Кранц пишет, что после прихода Гитлера к власти, а это, как известно, случилось в 1933 году, когда он стал рейхсканцлером Германии, Браун «...немедленно вступил в ряды «черного корпуса» СС». На самом же деле Вернер фон Браун вступил в ряды СС через 7 лет после этого события – 1 мая 1940 года (эта дата указана на членской карточке СС Брауна за № 185068). Ганс-Ульрих фон Кранц забыл еще упомянуть о том, что немного раньше фон Браун стал членом нацистской партии – с 01.12.1938 г. (№ карточки 5738692).

Уехав в конце войны в США, Вернер фон Браун сделал там блестящую карьеру. Он действительно был директором Американского космического центра им. Дж. Маршалла (с 1 июля 1960 года по 1 марта 1970 года), причем первым после его образования. Однако в бытность Брауна этот центр подчинялся не Пентагону, как говорит Кранц, а НАСА. Заместителем директора НАСА он стал не в 1972 году, а в феврале 1970. На этой должности в штаб-квартире НАСА в Вашингтоне он отвечал за долгосрочное планирование. Браун покинул НАСА в 1972 году и 1 июля того же года стал вице-президентом фирмы «Fairchild Industries» в штате Мериленд, а не в 1974 году, как следует из книги Кранца.

Наверное, можно остановиться на перечислении подобных ошибок и неточностей, имеющих в книге. Как видим, автор не утруждал себя изучением первоисточников и авторитетных публикаций. Невольно приходит мысль, что и при написании других разделов он был не столь же щепетилен.

Вернемся к «полету» первого в мире космонавта нациста – клона Людвиг фон Брауна. Во-первых, настораживает фамилия «пилота» – фон Браун. Частица фон говорит о дворянском происхождении клона, а собственно фамилия совпадает с фамилией главного конструктора. Какая-то странная случайность. Из кого «был» клонирован этот тип и мог ли вообще быть кто-то клонирован в то время в Германии? Как известно, клон должен пройти тот же срок жизни, что и обычный

человек, чтобы стать взрослым. Допустим, что «пилоту-клону» было в 1945 году 20–25 лет (пусть даже не 30 и не 35), тогда выходит, что клонирование должно было быть осуществлено в период 1920–1925 гг. Вернеру фон Брауну было в те годы всего 8–13 лет и он, конечно, не мог быть донором клона, поскольку был ребенком, как и его братья. Да и с какой стати? Может быть, донором был какой-то другой фон Браун? Не верится, что главный конструктор Вернер фон Браун мог допустить в первый космический полет случайного человека, носящего его фамилию, а тем более клона. Однако дело даже не в этом. Уровень развития науки того времени не позволял осуществление таких новаций, как клонирование человека, несмотря на то что механизмы наследования изучались уже с середины девятнадцатого века (законы Менделя). Генная теория только зарождалась, причем успехи других стран, например США, были в этой сфере гораздо больше, чем в Германии. Американец Т. Морган получил в 1933 году Нобелевскую премию за открытия, связанные с ролью хромосом в наследственности – он проводил свои опыты на мухах дрозофилах.

Структура ДНК была расшифрована не в 1920, и уж тем более не в 1915 году, когда шла Первая мировая война, а в 1953 году. В 1962 году американско-английская группа ученых, в которую входили Ф. Крик, Дж. Уотсон и М. Уилкинсон, получила за это открытие Нобелевскую премию. Мировая наука только сейчас, более 80 лет спустя, подступает к решению проблемы клонирования человека. Тогда же представления о геноме были весьма приближенными, а о стволовых клетках понятия никто не имел. Одним из родоначальников генной науки в Германии был русский ученый Тимофеев-Ресовский [6] (названный почему-то «зубром» в одноименной повести Д. Гранина), работавший в Берлин-Бухе с 1925 по 1945 год. Но его исследования были далеки от клонирования. Никому не известны и работы других немецких ученых того периода в данной сфере, за исключением, пожалуй, изуверских опытов нацистских врачей над людьми в концлагерях, при проведении которых они проявляли интерес к изучению близнецов.

Вообще идея послать клона в космос вместо человека, по крайней мере в тот период, не могла быть рациональной по нескольким причинам. Во-первых, с точки зрения техники ничего не выигрывалось, поскольку клон должен пить, есть, дышать (вообще жить) точно так же, как и любой человек, и для его полета необходимы системы жизнеобеспечения. А это значит, что сэкономить 25–30 % в весе корабля за счет исключения из его состава систем жизнеобеспечения было невозможным, равно как и сократить за счет них сроки разработки корабля в целом. Во-вторых, возникает вопрос, зачем нацистам нужно было мучиться с клоном, если в распоряжении и Геринга и Гимmlера было полно камикадзе? Известно, например, что в конце войны были созданы отряды смертников для подготовки к полетам на пилотируемом варианте ФАУ-1 (проект «Райхенберг»), самолетах FW-190, Me-238. Хотя эти идеи и не были осуществлены на практике, добровольцев тогда нашлось больше тысячи, а 70 из них были отобраны для тренировок. Неужели 2 или 3 из них не могли быть взяты для подготовки к полету на космическом корабле, если бы он на самом деле был создан? В-третьих, известно, что даже на современном этапе развития науки получаемый клон «физиологически слабее» оригинала. Во всяком случае, пока. Даже равными по здоровью в этом отношении их создать не удастся. Клоны и стареют быстрее. Именно поэтому они не живут дольше своих доноров. Вспомним овечку Долли. Она прожила всего 6 лет, в то время как обычные овцы живут 10–12 лет. Создается впечатление, что фон Кранц об этом просто не знал, когда фантазировал на космические темы.

Не соответствует действительности оценка автором результатов бомбежки англичанами 17 августа 1943 года ракетного комплекса нацистов Пенемюнде. В главе 2, в частности, он пишет, что как только англичане узнали о немецких ракетах, «немедленно был совершен налет на остров Пенемюнде, в ходе которого, правда, ничего особенного не пострадало». Во-первых, заметим, что острова с названием «Пенемюнде» никогда не существовало. Испокон веков остров, где была создана база «Пенемюнде», назывался Узедомом. Название ракетного комплекса пошло от рыбацкой деревни Пенемюнде, расположенной в северной части острова. В начале тридцатых годов в ней было 96 домов, в которых проживало около 450 человек. Во-вторых, первый же налет англичан на самом деле нанес «экспериментальной станции Пенемюнде» серьезный ущерб, хотя полного ее уничтожения не произошло. Около 600 бомбардировщиков – галифаксов, ланкастеров, стирлингов было выделено для этой операции. Более 60 самолетов наведения обеспечивали их прицельное ночное бомбометание. Англичанам удалось перехитрить немцев и отвлечь почти все истребители, прикрывающие Пенемюнде, в район Берлина, поэтому потери среди бомбардировщиков были небольшими. На аэродромы базирования не вернулись 40 четырехмоторных машин, а 32 были повреждены. Британскими ВВС по целям на острове было сброшено 1500 т бомб. Налет унес 738 жизней, в числе которых было 178 обитателей поселка, где проживали немецкие специалисты. В их числе были крупные ученые, ближайшие помощники Брауна, доктор Тиль и доктор Вальтер. Значительное число жертв бомбежки составили военнопленные, труд которых использовали немцы на тяжелых работах. В промышленной зоне было разрушено около 30 зданий, серьезно пострадали около 50 зданий в районе экспериментального завода, полностью были уничтожены почти 120 зданий в зонах, где проживал персонал, размещались казармы и лагерь военнопленных. Частично пострадало здание электростанции, в котором сегодня находится музей Пенемюнде. Ее машинный зал так и не восстанавливали после той бомбежки, и он остался живым напоминанием о войне [7]. За счет экстренного выделения больших финансовых, материально-технических и людских ресурсов ракетный комплекс был восстановлен и работы в Пенемюнде возобновились через несколько недель.

Однако кроме серьезного материального ущерба, значительных людских потерь, бомбежка Пенемюнде имела и другие, далеко идущие последствия. На следующий день после налета покончил жизнь самоубийством один из руководителей Люфтваффе начальник штаба Х. Ешоннек. После его гибели Г. Геринг и его заместитель Э. Мильх стали лихорадочно передислоцировать истребительные подразделения с фронтов в центральную Германию для укрепления ее ПВО. Люфтваффе стало искать способы перемещения крупных авиационных предприятий в горные подземелья. Министр вооружения А. Шпеер, прилетевший в Пенемюнде 18 августа 1943 года, принял решение об эвакуации оборудования, персонала и стартовых установок в другие районы Германии. Г. Гиммлер начал предпринимать активные шаги к тому, чтобы взять ракетную программу под свой контроль. В совокупности все это вело к затяжке работ по ракетам ФАУ-1 и ФАУ-2, нарушению графиков выпуска самолетов для фронта. То, что первые удары по Лондону были нанесены ракетами ФАУ-1 и ФАУ-2 лишь в 1944 году (16 июня и 5 сентября, соответственно), а не раньше, является в определенной степени заслугой и самих англичан. В то же время отметим, что при более тщательной подготовке бомбового удара и проведении быстрого повторного налета на ракетный центр, он мог бы быть уничтожен полностью. Однако этого не произошло. Повторный налет на базу был совершен только через 9 месяцев!

Не выдерживает никакой критики и «идея» автора о ФАУ-1, как «подставной ракете». Дескать, ее создание было придумано немцами только для того, чтобы отвлечь авиацию англичан, заставить их сосредоточить свои истребители на борьбе с ФАУ-1, а самим безраздельно господствовать в воздухе. Такой аргумент не выглядит серьезным. Действительно, в интересах борьбы с ФАУ-1 англичане существенно укрепили свою ПВО, но она стала труднопреодолимой и для самолетов Люфтваффе. Получается, что фактически был достигнут обратный результат, а не тот, о котором говорит фон Кранц.

Известно, что ФАУ-1 даже в какой-то степени конкурировала с ФАУ-2. Каждая из ракет несла лишь около тонны боевого заряда и имела ряд преимуществ и недостатков. На совещании высших военных чинов в Пенемюнде, состоявшемся 26 мая 1943 года, по результатам сравнительных испытаний обеих ракет было принято решение принять на вооружение и ту и другую и использовать их во взаимодействии. Кроме затрат на создание и применение самой ФАУ-1 (хотя они и были значительно меньше, чем для ФАУ-2), нацисты тратили огромные средства на ее модернизацию. Очевидно, что если бы автор был прав, то всякие дополнительные затратные мероприятия на ФАУ-1 были бы лишними и немцы никогда бы на это не пошли. Не следует сбрасывать со счетов и большой ущерб, нанесенный этими ракетами Англии [8]. Было полностью разрушено 24 491 жилых здания, 52 293 было разрушено частично и оказались непригодными для жилья. От ФАУ-1 погибло 5864 человека, 17 197 были тяжело ранены, а 23 174 получили легкие ранения. Иногда интенсивность обстрела летающими бомбами достигала 190 снарядов в сутки. Всего по Англии было выпущено более 10 600 ФАУ-1.

Дальнейшая история развития вооружений также подтвердила, что ФАУ-1 не была простой приманкой для англичан. Для того времени эта ракета явилась высокотехнологичной разработкой, у которой оказалось большое будущее. Фактически она стала прототипом современных крылатых ракет. По образу захваченных ФАУ-1 американцы создали свои крылатые ракеты с пульсирующими двигателями JB-2 и JB-10. На основе трофейных ФАУ-1 во Франции разрабатывались ракеты серии «Арсенал», в СССР – ракеты 10Х. Так что Кранцу не стоило умалять их значимости и вводить в заблуждение читателей.

Заметим справедливости ради, что идея крылатых ракет принадлежит далеко не создателям ФАУ-1. Крылатые боевые и пиротехнические ракеты уже в середине 17 века существовали в проектах литовского ученого Казимира Сименовича. Ракеты с крыльями для полетов в космос не раз фигурировали в увлекательных романах писателей-фантастов о путешествиях людей к далеким планетам. Таковую ракету, в частности, описывает немецкий писатель Бруно Бюргель в фантастическом романе «Ракетой на Луну» (переведен на русский язык в 1925 году).

Крылатые ракеты разрабатывались и в СССР – в ГИРД и в РНИИ в период 1932–1939 годов (ракеты 06/1, 212, 216, 217). Первый в нашей стране полет неуправляемой крылатой ракеты 06/1 с ЖРД состоялся 5 мая 1934 года, а первый полет ракеты 216 с гироскопическим автопилотом 9 мая 1936 года.

Один из разделов главы 3 книги Ганса-Ульриха фон Кранца называется «Предшественница «Сатаны». Когда понимаешь, что речь в нем идет о попытке сравнить незавершенный проект двухступенчатой межконтинентальной баллистической ракеты А-9/10 фон Брауна с суперсовременной российской ракетой «Сатана», так и хочется сказать: «Эка хватил, господин фон Кранц!». Ну, ладно бы еще сравнил А-9/10 с первыми американскими МБР «Атлас» (SM-65) или «Редстоун» или, хотя бы, с Р7, разработанной С.П. Королёвым. Правда и сравне-

ние с Р7 тоже не выглядело бы весьма корректным. Королёвская Р7 стала первой отечественной двухступенчатой межконтинентальной баллистической ракетой, успешный пуск которой состоялся 21 августа 1957 года. Через три года она была принята на вооружение и явилась важнейшей составной частью ракетно-ядерного щита СССР, а на базе ее различных модификаций решались многие задачи отечественной космонавтики, в том числе и пилотируемой.

«Сатаной» (СС-18) натовцы называли советскую ракету РС-36М, созданную в КБ «Южное» (ныне им. М.К. Янгеля) под руководством главных конструкторов М.К. Янгеля и В.Ф. Уткина. В 1975 году СССР поставил ее на вооружение. С этой ракетой по ее боевым характеристикам не могла сравниться ни одна ракета в мире. Она летает на расстояние свыше 11 *тыс.* километров и несет в себе до 10 ядерных разделяющихся боеголовок индивидуального наведения общим весом свыше 8 тонн. Доработанная ракета РС-36М2 («Воевода») относится к четвертому поколению МБР. Как можно сопоставлять с Р7, а уж тем более с «Сатаной», то, что фактически не было создано?

В том же разделе о «Сатане» встречается еще один «перл». Продолжая преувеличивать заслуги Вернера фон Брауна, Фон Кранц пишет: «...в гениальном мозгу фон Брауна появилась идея о том, что смертельное оружие вполне можно сделать составным. Концепция многоступенчатой ракеты имела массу преимуществ...». Однако вспомним, что идея многоступенчатых ракет высказывалась за несколько веков до описываемых нами событий. О ней можно прочитать, например, в труде того же К. Сименовича «Великое искусство артиллерии», изданном в 1650 году и переведенном на родной автору немецкий во Франкфурте-на-Майне в 1776 году. Можно обратиться и к более позднему изданию – книге русского изобретателя Ф. Челеева «Полное и подробное наставление о составлении увеселительных огней, фейерверками именуемых», вышедшей в Москве в 1824 году, за сто с лишним лет до того как Браун впервые услышал о ракетах. Правда, речь в этих работах шла о пороховых боевых или пиротехнических ракетах, но принцип многоступенчатости, как таковой, был сформулирован тогда, и действенность его была доказана на практике. Предложения по применению многоступенчатых (составных) ракет для полетов в космос высказывались в 1909–1919 годы Р. Годдардом, А. Бингом, Ф. Цандером, Ю. Кондратюком, К. Циолковским, Г. Обертом. В наиболее законченном конструктивном виде идея многоступенчатых ракет была сформулирована Р. Годдардом в 1914 году. Тогда же в США он получил патент на двухступенчатую ракету (Goddard R.H. Patent USA N 1102653, Rocket Apparatus, July 7, 1914). Научные основы расчета и принципы построения многоступенчатых ракет, иными словами теория их создания, были разработаны К.Э. Циолковским в его труде «Космические ракетные поезда», вышедшем в 1929 году. Как видим, принцип многоступенчатости – заслуга целой когорты других ученых, а не Брауна. Не вызывает никакого сомнения, что он знал о существовании этих трудов.

В создании МБР А-9/10 немцы не продвинулись дальше начального этапа проектирования и изготовления моделей для продувки в аэродинамической трубе. А после бомбежки англичанами Пенемюнде об этой разработке надолго пришлось забыть. Несмотря на то что Гитлер знал о новом проекте и мечтал о создании грозного оружия, которое могло бы достать Америку, ракетчикам Пенемюнде было не до него. Неудачные пуски ФАУ-2 следовали один за другим, и отвлечение сил и средств на другие разработки было недопустимым. Только в середине 1944 года Гитлер лично приказал вернуться к проекту «Amerika».

Чтобы как-то ускорить работы, Браун на базе А4 сделал крылатый беспилотный вариант А9, получивший название А4b. Ни один из трех пусков этой ракеты (последний был в конце января 1945 года) не прошел идеально. Первая ступень А10 вообще осталась только в чертежах.

Ни в одном серьезном издании по космонавтике и ракетной технике нет никакой информации, подтверждающей, что ракета А-9/10 была в действительности создана немцами «в железе» и испытывалась. Нет такой информации в мемуарах или высказываниях непосредственных участников тех событий: В. Дорнбергера – генерала, начальника комплекса Пенемюнде [9], Вернера фон Брауна – технического руководителя Пенемюнде и конструктора А-9/10, Г. Оберта – пионера космонавтики, учителя, коллеги и сотрудника фон Брауна в Пенемюнде [10].

Посмотрим, как относятся к идее существования МБР А-9/10 авторитетные немецкие авторы и издания. Большая немецкая энциклопедия «Enzyklopedie Raumfahrt», изданная в 2001 году во Франкфурте-на Майне (Verlag Harri Deutch), посвятившая 4 из 700 страниц ракете ФАУ-2, об А-9/10 даже не упоминает. То же самое мы видим в «Enzyklopedie der Nationalsozialismus» (Мюнхен, 2001). Фундаментальная история космонавтики – «Die Geschichte der Raumfahrt» Вернера Бойделера, вышедшая в Германии в издательстве «Sigloch Edition», упоминает о проекте А-9/10 в разделе «Ракеты, которые не летали».

В работах российских академиков Б.В. Раушенбаха, Б.Е. Чертока, досконально знающих обсуждаемый предмет, факт существования ракеты А-9/10 также не подтверждается. Не подтверждается он и в исследованиях других ведущих зарубежных и отечественных специалистов по истории авиации и космонавтики (например, немцев В. Боде, Г. Кайзера, Х. Хоффмана, Р. Эйсфельда, американцев Р. Форда, В. Лея, русских В. Телицына, А. Первушина, С. Славина, В. Козырева, М. Козырева, Ю. Ненахова и других).

В музее Пенемюнде, стационарная экспозиция которого разместилась в уцелевшей части уже упомянутой нами электростанции, посетителям демонстрируется документальная военная кинохроника с пусками ФАУ-1 и ФАУ-2, однако кадров с запусками или хотя бы стендовыми испытаниями А-9/10 среди них нет.

Далее автор убеждает, что пуск пилотируемого корабля был осуществлен с датского острова Борнхольм. Ни в одном известном источнике нет даже упоминаний о том, что на этом острове немцы вели какую-либо космическую деятельность. Остров был освобожден 11 мая 1945 года десантом войск 2-го Белорусского фронта при участии кораблей Балтийского флота. В плен было взято около 12 тысяч немецких солдат и офицеров. Советские войска находились на острове почти год, но за это время никаких следов космодрома, в том числе фрагментов соответствующего оборудования, на острове обнаружено не было. Вспомним, для сравнения, что в Пенемюнде после эвакуации немцами ракетного центра, а также в горах Гарца после вывоза американцами ракетных предприятий и готовых ФАУ-2, на полигоне в польской Близне всегда оставались хотя бы фрагменты изделий или соответствующего наземного оборудования, а также какие-то документы.

Вызывает сомнение и сама идея создания крупного ракетного комплекса на неудобном холмистом острове Борнхольм, находящемся в западной части Балтийского моря почти на 55° северной широты (даже севернее Пенемюнде). В распоряжении немцев были территории, более удобные для пусков ракет, чем остров, находящийся в «подбрюшье» Швеции. С точки зрения безопасности работ, остров Борнхольм не имел никаких преимуществ перед Узедомом, поскольку был также досягаем английской авиацией, как и Пенемюнде.

Трудно представить, что, когда советские войска уже вели бои на территории Германии, а союзники форсировали Рейн, когда нацисты терпели на всех фронтах одно поражение за другим, они думали не о том, как дать отпор противнику или как побыстрее сбежать в какую-нибудь из латиноамериканских стран, а о том, как осуществить пилотируемый полет в космос, который для обороны Рейха ничего не значил. Напугать СССР или союзников этим полетом, заставить их остановить боевые действия и вступить в переговоры с нацистами только из-за того, что один из них (тем более в виде клона) был запущен в космос на 12 часов – такая мысль выглядит очень смешной.

На самом деле в конце февраля-начале марта 1945 года, когда якобы немцы подготовили и осуществили пилотируемый пуск, руководство сухопутных войск и Люфтваффе проводило эвакуацию своих главных штабов из северных и центральных районов Германии на юг и юго-запад страны. Штаб Верховного командования сухопутных войск из Цоссена (под Берлином) перебазировался в Веймар. Верховное командование Люфтваффе, находящееся на протяжении всей войны в Берлине, было переведено сначала в Вассербург (под Мюнхеном), а в период 1–4 марта – в Веймар. И тем и другим было не до космических стартов.

Остров Борнхольм, видимо, так понравился Кранцу, что в своих опубликованных фантазиях он разместил на нем не один старт, а целый космодром. Оказывается, отсюда взлетал в космос в марте 1945 года еще один немец пилот Люфтваффе штандартенфюрер (в СС и СА соответствовал чину полковника) Вернер Альт. Задачей этого камикадзе было нанести удар по Америке ракетой А-9/10. Естественно, Кранц не мог написать, что ракета долетела до цели, поэтому сообщает, что она взорвалась, а пилот погиб. Но и это еще не все. На острове по версии Кранца готовился старт некоего гибрида ракеты А-9/10 и самолета-бомбардировщика (минишаттла) Зенгера, однако он не состоялся. Старт пилотируемого корабля с клоном на борту был осуществлен с помощью ракеты А-11. Получается, что поскольку все старты с учетом испытательных пусков происходили в январе-марте 1945 года, на острове должно было быть не менее 4–5 стартовых комплексов, функционирующих одновременно. Однако, кроме книг Кранца, ни в каком другом источнике об этом не упоминается. Конечно, на острове, где у немцев был небольшой комендантский аэродром, можно было найти место для стартового комплекса. Но создавать на неудобном со всех точек зрения острове огромную ракетную базу, по сути, космодром со сложнейшей обеспечивающей инфраструктурой – неразумная затея.

Остров был нужен нацистам как перевалочная база для войск, бегущих на запад. Весной 1945 года поток отступающих фашистов через Борнхольм возрастал с каждым днем. Это были войска из Восточной Пруссии, Данцигской бухты, Курляндского котла. Они имели приказ сдаваться только англичанам.

Все объективные данные говорят о том, что в действительности не существовали ни ракета А-9/10, ни изделие А-11, ни пилотируемый космический корабль нацистов, ни пилот-клон, ни минишаттл. Да и сам автор, видимо, понимая, что серьезных научно-технических оснований для такого полета не было, вдруг в помощники нацистам призывает сверхъестественные силы и космических пришельцев. Правда, и в свете этой «идеи» возникает один резонный вопрос. Если тибетская шамбала и пришельцы так любили Вернера фон Брауна и помогли ему в 1945 году запустить пилотируемый корабль в космос, то почему они не помогли ему опередить СССР в 1957 и 1961 годах?

Противоречат действительности и материалы книги, посвященные авиации. Автор демонстрирует полное непонимание значимости авиации в войне и страте-

гической бомбардировочной авиации в частности. Как до, так и в течение войны, руководство Люфтваффе допустило ряд серьезных системных ошибок, негативно сказавшихся на стратегических решениях гитлеровского командования в целом. Виновником многих провалов нацистов в войне фон Кранц считает первого начальника генерального штаба Люфтваффе генерала В. Вефера, забыв, что не только он делал погоду в немецкой авиации. Официально Вальтер Вефер был на должности начальника генштаба Люфтваффе чуть больше года (с 01.05.35 г. по 03.06.36 г.), хотя участвовал в их формировании с 1933 года. В течение остальных лет этот пост занимали другие лица, активно влиявшие на строительство авиации. Около 10 лет Люфтваффе возглавляли главнокомандующий Г. Геринг (он же рейхсминистр воздушного транспорта) и его заместитель Э. Мильх. Оба были начальниками В. Вефера, и без их одобрения ни одно серьезное решение по авиации не принималось. В руководстве немецких ВВС был еще один человек, который имел большую власть и к мнению которого прислушивались – это начальник технического управления Люфтваффе генерал-полковник Э. Удет.

Вефер был твердым сторонником развития дальней бомбардировочной авиации. Именно он явился идеологом создания четырехмоторных бомбардировщиков До-19 и Ю-89, опытные образцы которых совершили первые полеты еще в конце 1936 года. Однако после гибели Вефера об этих самолетах постарались забыть: зачем на них тратить силы и средства, если война будет молниеносной?

Вдохновленные «успехами» своей авиации во время гражданской войны в Испании, немцы решили, что и в любой другой войне можно обойтись лишь бомбардировщиками средней дальности. Но в боях за Англию нацистам стало очевидным, что такая позиция Люфтваффе была глубоко ошибочной. Существующие самолеты не могли достичь глубинных районов Англии с целью поражения военного и промышленного потенциала. Оставив победу над Англией «на потом», нацистские авантюристы начали воевать против СССР и США, не имея для этого соответствующих потенциальных возможностей. Попытки создать стратегическую авиацию в ходе войны закончились для немцев полным провалом. После поражения под Москвой, после успешных контрнаступательных операций Красной Армии, после вступления в войну союзников немцы не раз сожалели об отсутствии флота стратегической авиации, но исправить ситуацию уже не представлялось возможным. Война диктовала другие приоритеты (особенно с середины 1943 года), нужно было строить истребители для защиты рейха. Нет сомнения, что даже если бы немцы обладали дальней авиацией, конечные итоги войны были бы теми же, но ряд стратегических операций они могли бы выиграть. Однако, военное руководство Германии и Люфтваффе, в частности, этого не понимало. Геринг до конца 1944 года препятствовал строительству дальних бомбардировщиков.

Генерал В. Вефер знал, что рано или поздно Гитлер начнет войну против СССР. В молниеносный характер войны с русскими он не верил и мечтал о создании бомбардировщиков, способных вести боевые действия вплоть до Урала. Именно такими качествами должны были обладать и До-19 и Ю-89. Однако тактико-технические характеристики первых опытных образцов этих машин оказались существенно хуже проектных. Авиационная наука, технологии и производство оказались на данном этапе неспособными удовлетворить захватнические амбиции военных. Для Люфтваффе шанс осуществления массированных ударов с помощью стратегической авиации по удаленным объектам противника оказался упущенным навсегда.

В книге есть и другие нестыковки в отношении авиации. В разделах, посвященных «разгрому» идеи создания стратегического флота на основе четырехмоторных бомбардировщиков До-19 и Ю-89, автор пытается убедить читателя, что для экономики Германии их производство было бы непосильным бременем. И это в предвоенные годы, когда она была на подъеме? Вполне могли! Подтверждением тому может служить факт производства тяжелого бомбардировщика Хе-177 (взлетная масса около 31 т). Перед самой войной и в ее начале выпускалось до 120 таких самолетов в месяц! Всего же их было построено около 1400. Кроме того, в тот же период производилось огромное количество средних бомбардировщиков. Хенкелей Хе-111 было выпущено около 7300, До-217 – почти 1900, Ю-88 – более 15 000!

Чуть дальше автор опять удивляет, поскольку теперь утверждает совершенно обратное: «Построить флот в несколько сотен Та-400 было вполне возможно, что уже серьезно осложнило бы жизнь американцам, учитывая практически полную неуязвимость этой машины». Речь идет о новом шестимоторном бомбардировщике конструктора Курта Танка [11], разработку которого фирма «Фокке-Вульф» начала только в 1943 году. Вот здесь можно точно сказать, что построить флот таких самолетов в тот период войны было нереальным. Во-первых, для этого требовались огромные затраты финансовых средств и дефицитных материалов (гораздо большие, чем для бомбардировщиков Вефера). А с дефицитными материалами для вооружений на завершающем этапе войны у немцев появились очень большие проблемы. С каждым днем они все больше теряли завоеванные территории и, соответственно, вместе с ними источники крайне необходимого сырья. Своих ресурсов на территории Германии просто не было. Во-вторых, с учетом периода испытаний и доработок, машина могла появиться в лучшем случае не ранее середины 1945 года. О каком же серийном производстве в четыре сотни бомбардировщиков может идти речь? Даже если допустить невозможное, что дату начала выпуска самолетов удалось бы сместить влево на 6–8 месяцев, все равно ничего бы не изменилось – Германия уже находилась в агонии.

Нельзя согласиться с автором и в том, что фирме «Фокке-Вульф» «...удалось создать настоящее чудо тогдашней техники...» – шестимоторный Та-400. В русском языке слово «создать» означает «сделать существующим, произвести». На самом деле создать и произвести самолет не удалось, поскольку дальше бумажного проекта дело не пошло.

Если учесть также, что, как правило, немцам не удавалось достичь заданных тактико-технических характеристик на создаваемых ими больших бомбардировщиках (например, До-19, Ю-89, Хе-177), то с большой долей вероятности можно сказать, что перспектива германской чудо-машины не выглядела очень оптимистичной. Таким образом, говорить о Та-400, как о сверхмощном и неуязвимом бомбардировщике того времени нет никаких оснований.

Еще одна сказка придумана фон Кранцем о серийном выпуске самолета Ю-390. Этот один из самых крупных сверхдальних самолетов третьего рейха разрабатывался как конкурент Та-400. Автор совершенно безосновательно утверждает, что таких самолетов было создано не менее 30–40. Никаких объективных свидетельств этому нет – ни документальных, ни физических. Фирма «Юнкерс» разрабатывала этого монстра в трех вариантах: как транспортный самолет, как морской самолет-разведчик и как бомбардировщик, так называемый «New York Bomber». Было изготовлено всего два опытных образца самолета Ю-390(V1) и Ю-390(V2), которые проходили испытания в конце 1943–1944 гг. Бомбардировщик в железе

так и не появился. Есть сведения о том, что морской разведчик в 1944 году выполнил полет над океаном к берегам Америки и, развернувшись за 20 км от побережья севернее Нью-Йорка, возвратился на свою базу в Европе.

Авторитетный исследователь немецкой авиации У. Грин, поштучно пересчитавший все опытные самолеты Люфтваффе, убедительно доказал в своей монографии «Боевые самолеты Третьего рейха», что было произведено только два Ю-390. Его данные подтверждаются и другими исследователями. Видимо, недостоверная история с юнкерсами понадобилась автору, чтобы хоть как-то материально подкрепить другую выдумку о «регулярных воздушных сообщениях» между Германией и так называемой базой Третьего рейха в Антарктиде. В период 1944–1945 гг. там происходило, якобы, чуть ли не полупромышленное освоение континента нацистами.

Как видим, книга Ганс-Ульриха фон Кранца изобилует сплошными неточностями и ошибками как в области космонавтики, так и в сфере авиации. Но на них можно было бы не обращать особенного внимания, если бы не какая-то маниакальная страсть автора к искажению фактов. Ничтоже сумняшеся, он приписывает лучшие мировые достижения в науке и технике не только XX, но и XXI веков нацистским ученым и конструкторам. Вот их неполный перечень, взятый из книги: первый в мире пилотируемый полет в космос, идея многоступенчатой ракеты, межконтинентальная баллистическая ракета, сверхтяжелые дальние бомбардировщики, биотехнологии, клонирование человека, психотропное оружие, атомная бомба, освоение Антарктиды и даже такие, которые, возможно, еще только предстоят – контакты с инопланетянами.

Несмотря на лживый, антинаучный характер произведений, из печати выходят все новые и новые книги господина фон Кранца. Не так давно появился его новый «труд», возвышающий «научный гений» нацизма. Он посвящен доказательству того, что первую в мире атомную бомбу, вопреки общеизвестной истине, создали все-таки чистокровные арийцы. А как же иначе? Ведь все неарийцы были или уничтожены, или изгнаны из страны. Однако уровень достоверности таких «доказательств» мы теперь знаем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лазарчук А., Успенский М. Посмотри в глаза чудовищ. – М.: АСТ, 1997. – 640 с.
- [2] V. Marchis. Wernher von Braun. Spektrum der Wissenschaft. Biografie. № 4, 2001. – 98 s.
- [3] J. Weyer. Wernher von Braun. Rowolt Taschenbuch Verlag, Hamburg, 1999. – 158 s.
- [4] Первушин А. Астронавты Гитлера. – М.: Яуза, Эксмо, 2004. – 352 с.
- [5] Кранц фон, Г.-У. Свастика на орбите. – СПб.: Невский проспект, Вектор. – 2007. – 190 с.
- [6] Рассекреченный зубр. Следственное дело Н.И. Тимофеева-Ресовского. – М.: Academia, 2003. – 576 с.
- [7] V. Bode, G. Kaiser. Raketenspuren. Peenemunde 1936 – 2000. – Ch. Links Verlag, Berlin, 2001. – 212 s.
- [8] W. Hellmold. Die V1. Eine Dokumentation, Bechtermunz Verlag, Augsburg, 1999. – 345 s.
- [9] W. Dornberger. Peenemunde. Die Geschichte der V-Waffen, Ullstein, Munchen, 2001, – 313 s.
- [10] Крючков Б.И. Пенемюнде. Прошлое и настоящее // Аэрокосмический курьер. – № 4. – 2005. – С. 81–85.
- [11] Крючков Б.И. Курт Танк // Аэрокосмический курьер. – № 1. – 2004. – С. 86–88.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION

50 ЛЕТ ГРУППОВОМУ ПОЛЕТУ В.Ф. БЫКОВСКОГО И В.В. ТЕРЕШКОВОЙ

50-Year Anniversary of the Group Spaceflight of V.F. Bykovsky and V.V. Tereshkova



14 июня 1963 года был выведен на околоземную орбиту космический корабль «Восток-5», пилотируемый советским космонавтом Валерием Федоровичем Быковским. А через два дня стартовал «Восток-6», пилотируемый первой в мире женщиной-космонавтом Валентиной Владимировной Терешковой. Старт группового полета двух советских космических кораблей «Восток-5» и «Восток-6» неоднократно переносился из-за технических проблем, а также из-за высокой солнечной активности. В ходе полета был проведен большой объем медико-биологических исследований по оценке влияния продолжительности космического полета на организм человека, а также выполнены работы по совершенствованию систем пилотируемых космических кораблей в условиях совместного полета.

19 июня 1963 года космонавты В.Ф. Быковский и В.В. Терешкова успешно катапультировались из спускаемых аппаратов на высоте нескольких километров и благополучно совершили приземление на парашютах. Продолжительность пребывания в космосе составила: В.В. Быковского – 4 суток 23 часа 6 минут; В.В. Терешковой – 2 суток 22 часа 50 минут. До настоящего времени Валентина Владимировна Терешкова остается единственной женщиной в мире, совершившей одиночный полет в космос.

После своего полета Валентина Владимировна и Валерий Федорович продолжили проходить подготовку в отряде космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Окончили Военно-инженерную академию имени Н.Е. Жуковского, получив квалификацию «летчик-космонавт-инженер». Им была присуждена ученая степень кандидата технических наук.

В.В. Терешкова – профессор, автор более 50 научных работ, генерал-майор авиации, Герой Советского Союза. Заслуги В.В. Терешковой оценены во всем мире. В 2000 году влиятельная британская организация «Ежегодная ассамблея женщин, добившихся наибольшего успеха» присудила Валентине Терешковой титул «Величайшая женщина XXI века». Ее именем названы кратер на Луне и малая планета 1671 Chaika.

Дважды герой Советского Союза В.Ф. Быковский совершил три космических полета.

Второй полет совершил с 15 по 23 сентября 1976 года в качестве командира КК «Союз-22» вместе с В. Аксеновым. В ходе полета была испытана и отработана многозональная фотокамера МКФ-6, изготовленная в ГДР. Продолжительность полета: 7 сут. 21 ч 52 мин 17 с.

Третий полет – с 26 августа по 3 сентября 1978 года в качестве командира советско-германского экипажа КК «Союз-31» (посадка на КК «Союз-29») по программе четвертой экспедиции посещения ОС «Салют-6» вместе с Э. Йеном (ГДР). На станции работал вместе с В. Коваленком и А. Иванченковым. Продолжительность полета: 7 сут. 20 ч 49 мин 04 с.

Уважаемые Валерий Федорович и Валентина Владимировна, коллектив и руководство ЦПК поздравляют вас со знаменательной датой – пятидесятилетием со дня космического полета! Желаем вам и вашим близким здоровья, счастья и долгих лет жизни!

60 ЛЕТ Н.М. БУДАРИНУ

N.M. Budarin 60-Year Anniversary

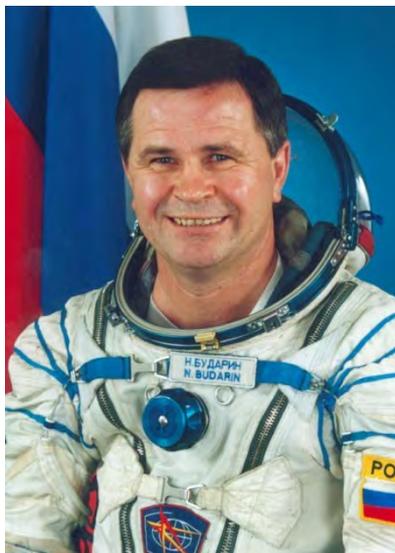
29 апреля 2013 года летчику-космонавту Российской Федерации Николаю Михайловичу Бударину исполнилось 60 лет.

Родился Николай Михайлович в поселке Киря Алатырского района Чувашской АССР. В 1979 году окончил Московский авиационный институт имени С. Орджоникидзе. Трудовую деятельность начал в НПО «Энергия». В отряд космонавтов зачислен в 1989 году. В период 1994–1995 года проходил подготовку в качестве бортинженера дублирующего экипажа корабля «Союз ТМ-21» по программе ЭО-18 ОК «МИР» и одновременно в качестве бортинженера основного экипажа ОК «МИР» по программе ЭО-19.

Первый космический полет совершил с 27 июня по 11 сентября 1995 года в качестве бортинженера ОК «МИР» по программе ЭО-19 вместе с А. Соловьевым. Впервые российский экипаж был доставлен на станцию на шаттле «Atlantis» (STS-71). За время полета выполнил три выхода в открытый космос.

Второй космический полет совершил с 29 января по 25 августа 1998 года в качестве бортинженера корабля «Союз ТМ-27» и ОК «МИР» по программе ЭО-25 вместе с Т. Мусабаевым и Л. Эйартцем (Франция). Посадку совершил вместе с Т. Мусабаевым и Ю. Батуриным. Во время полета совершил пять выходов в открытый космос.

Третий космический полет совершил в качестве бортинженера 6-й основной экспедиции МКС в составе Кеннет Дуэйн Бауэрсокс, Доналд Рой Петтит (США).



Старт – 24 ноября 2002 года на шаттле Endeavour (STS-113), посадка – на транспортном корабле «Союз ТМА-1» 4 мая 2003 года.

Награжден медалью «Золотая Звезда» Героя Российской Федерации (7 октября 1995 года), орденом «За заслуги перед Отечеством» III степени (24 декабря 1999 года), орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени (25 сентября 2004 года), медалью «За заслуги в освоении космоса» (декабрь 2011 года).

Награжден тремя медалями НАСА «За космический полет» (NASA Space Flight Medal), орденом «Отан» (Казахстан, 11 ноября 1998 года).

После ухода из отряда космонавтов с 1 октября 2004 года работал сменным руководителем полетов в ЦУПе. 2 декабря 2007 года избран депутатом Государственной Думы РФ.

Желаем Вам, дорогой Николай Михайлович, здоровья, семейного счастья, благополучия и дальнейших успехов в работе!

Коллектив Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина

65 ЛЕТ А.А. ВОЛКОВУ

A.A. Volkov **65-Year Anniversary**



27 мая 2013 года летчику-космонавту СССР Волкову Александру Александровичу исполнилось 65 лет.

Родился Александр Александрович в г. Горловка Донецкой обл., УССР. В 1970 году окончил Харьковское ВВАУЛ им. С.И. Грицевца по командно-авиационной специальности. До зачисления в отряд космонавтов с 1970 по 1976 год – летчик-инструктор учебного авиационного полка Харьковского ВВАУЛ. 23 августа 1976 года приказом Главкома ВВС зачислен слушателем-космонавтом в отряд космонавтов ЦПК ВВС (6-й набор), с 30 января 1979 года – космонавт группы авиационно-космических систем.

Первый космический полет совершил с 17 сентября по 21 ноября 1985 года в качестве космонавта-исследователя КК «Союз Т-14» и ОС «Салют-7» вместе с В. Савиных и В. Васютиным. На станции работал вместе с В. Джанибековым и Г. Гречко. Продолжительность полета: 64 сут. 21 ч 52 мин.

Второй космический полет совершил с 26 ноября 1988 года по 27 апреля 1989 года в качестве командира КК «Союз ТМ-7» и ОК «Мир» вместе с С. Крикалёвым и Ж.-Л. Кретьеном (Франция). Продолжительность полета: 151 сут. 11 ч 08 мин.

Третий космический полет совершил с 2 октября 1991 года по 25 марта 1992 года в качестве командира КК «Союз ТМ-13» и ОК «Мир» по программе «Аустромир» вместе с Т. Аубакировым и Ф. Фибекем и ЭО-10 вместе с С. Кри-

калёвым. На станции работал вместе с А. Арцебарским, А. Викторенко, А. Калери, К.-Д. Фладэ (ФРГ). Продолжительность полета: 175 сут. 02 ч 51 мин.

Выбыл из отряда космонавтов по достижении предельного возраста в 1998 году. Награжден медалью «Золотая Звезда» Героя Советского Союза (1985 г.), орденом Ленина (1985 г.), орденом Октябрьской Революции (1989 г.), орденом Дружбы народов (1992 г.), орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени (1996 г.), медалями. Командор ордена Почетного легиона (Франция), имеет орден Орла 2-й степени (1992 г.).

Уважаемый Александр Александрович, поздравляем Вас и желаем Вам здоровья, семейного счастья, благополучия и дальнейших успехов в работе!

Коллектив Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина

75 ЛЕТ В.М. ЖУКОВУ

V.M. Zhukov 75-Year Anniversary

17 апреля 2013 года главному научному сотруднику 54-го отдела 5-го управления федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», профессору Жукову Вячеславу Михайловичу исполнилось 75 лет!

В.М. Жуков родился в городе Актюбинске. После окончания Ташкентского высшего общевойскового командного училища в 1960 году и подготовки на факультете иностранных языков при Военной дипломатической академии Советской Армии в 1962 году прошел службу в Гвинейской Республике с 1962 по 1964 гг. в качестве переводчика французского языка.

С 1964 по 1969 год являлся слушателем Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н.Е. Жуковского.

По окончании академии проходил службу в качестве инженера полка по радиосвязному и радионавигационному оборудованию в тяжелом бомбардировочном авиационном полку.

С 1970 года по настоящее время деятельность Жукова В.М. связана с ЦПК имени Ю.А. Гагарина, в котором он прошел путь от младшего до старшего и главного научного сотрудника.

Жуков В.М. – известный ученый в области методологии космических экспериментов. Интерес к научному поиску у него сформировался еще в период службы в академии имени профессора Н.Е. Жуковского.

С 1999 года по 2009 год Жуков В.М. преподавал по совместительству в МАТИ-РГТУ имени К.Э. Циолковского и являлся доцентом, а затем профессором кафедры.

В 1976 году ему была присуждена ученая степень кандидата технических наук, а в 1999 году – ученая степень доктора технических наук. Жуков В.М. с



2003 года является академиком Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского. В 2010 году ему было присвоено ученое звание профессора.

Жуков В.М. является автором 201 печатного научного труда и 29 изобретений.

На всех доверенных участках работы Жукова В.М. отличаются высокий профессионализм, чувство глубокой ответственности за порученное дело и постоянная забота о людях. Многие специалисты ЦПК имени Ю.А. Гагарина, в том числе космонавты, считают себя учениками Вячеслава Михайловича. Он неординарен в принятии решений и постоянно совершенствуется. Вклад Вячеслава Михайловича в развитие отечественной пилотируемой космонавтики высоко оценен. Он удостоен звания почетного радиста СССР в 1985 году и награжден семью медалями СССР и РФ.

Руководство Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина и весь коллектив ЦПК поздравляют Вячеслава Михайловича Жукова с 75-летием и желают ему космического здоровья, благополучия, счастья и сил для новых свершений!

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПСИХОЛОГИИ ТРУДА,
ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ И ЭРГОНОМИКИ»
11 апреля 2013 года, Институт психологии РАН, г. Москва**

**Scientific and Practical Seminar “Topical Problems of Labour Psychology,
Engineering Psychology and Ergonomics”**

April 11, 2013, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow

11 апреля 2013 года в Институте психологии РАН по адресу: Москва, ул. Ярославская, д. 13, состоялось очередное заседание семинара на тему: «Психология профессиональной деятельности в экстремальных условиях», в котором приняли участие специалисты ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Научный руководитель семинара доктор психологических наук, профессор А.А. Обознов. В работе семинара принял участие директор ИПАН член-корреспондент РАН А.Л. Журавлев.

Представлены доклады:

1. *Марьин В.И.*, доктор психологических наук, профессор кафедры психологии, педагогики и организации работы с кадрами Академии управления МВД России (Москва). «Психологическое обеспечение контртеррористических операций».

2. *Богдашевский Р.Б.*, старший научный сотрудник Центра подготовки космонавтов; *Соловьева И.Б.*, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник Центра подготовки космонавтов (Московская область, Звездный городок). «Психологическое обеспечение подготовки космонавтов».

3. *Броневицкий Г.Г.*, кандидат педагогических наук, заведующий курсами ГО Невского района (Санкт-Петербург). «Психологические аспекты обеспечения деятельности в чрезвычайных ситуациях».

4. *Лазебная Е.О.*, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник Института психологии РАН (Москва). «Ценностные основания функциональной надежности лиц опасных профессий».

5. *Симонова Н.Н.*, доктор психологических наук, заведующий кафедрой психологии Северного (Арктического) федерального университета имени

М.В. Ломоносова (Архангельск). «Субъективная позиция в профессиональной деятельности вахтовым методом в условиях Крайнего Севера».

6. *Ясько Б.А.*, доктор психологических наук, профессор кафедры управления персоналом и организационной психологии Кубанского государственного университета (Краснодар). «Психологические ресурсы социальной адаптации субъекта труда в условиях нарушенного естественного жизненного ритма».

7. *Якимович Н.В.*, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник кафедры «Эргономика и информационно-измерительные системы» МАТИ – Российского государственного технологического университета имени К.Э. Циолковского (Москва). «Изучение связи между личностными свойствами пилотов и особенностями их профессиональной деятельности в экстремальных ситуациях (по материалам авиационных катастроф)».

После завершения семинара по просьбе профессора А.А. Обознова состоялась встреча директора ИПАН А.Л. Журавлева с представителями ЦПК, на которой были обсуждены перспективы взаимодействия двух организаций и возможные темы совместных работ.

**МОЛОДЕЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ
В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ И АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ»**

26–28 июня 2013 года, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»,
Звездный городок, Московская область

**Youth Conference
“New Materials and Technologies in Rocket-and-Space
and Aviation Industry”**

June 26–28, 2013, State Organization “Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center”,
Star City, Moscow Region

В целях дальнейшего развития научно-технической деятельности молодых специалистов ракетно-космической и авиационной отраслей промышленности России в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» 26–28 июня 2013 года проводится Молодежная конференция «Новые материалы и технологии в ракетно-космической и авиационной технике» (далее – конференция). Эта конференция ежегодная и проводится ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» третий год подряд.

Организаторами конференции являются Федеральное космическое агентство, Комитет по развитию авиационно-космического комплекса Торгово-промышленной палаты Российской Федерации и ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Программой конференции предусматривается работа следующих секций:

Секция 1. Новые материалы и технологии для ракетно-космической и авиационной техники.

Секция 2. Системы и устройства для ракетно-космической и авиационной техники.

Секция 3. Технологии двойного назначения (применение ракетно-космических и авиационных технологий в других отраслях промышленности, народном хозяйстве, медицине, бытовой технике и др.).

Секция 4. Менеджмент и экономика инноваций.

Для участия в конференции приглашаются молодые специалисты в возрасте до 35 лет, работающие на предприятиях и организациях ракетно-космической и авиационной отраслей промышленности России, студенты и аспиранты профильных вузов.

Условия участия в конференции размещены на сайтах в сети Интернет: <http://12апреля.рф/>, раздел «Конференция 2013» (набирать в строке браузера); <http://www.gctc.ru>, раздел «Конференции»; <http://www.tpprf.ru/ru/committee/komavia>, раздел «Новости и мероприятия Комитета».

**VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА:
ЕДИНСТВО ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ»
24–25 сентября 2013 года, г. Тверь**

**VIII International Conference
“Psychology and Ergonomics: The Unity of Theory and Practice”
September 24–25, 2013, Tver**

Межрегиональная эргономическая ассоциация и Институт психологии РАН проводят VIII Международную конференцию «Психология и эргономика: единство теории и практики». Конференция пройдет 24–25 сентября 2013 года на базе университетов г. Твери.

Конференция традиционно организуется раз в два года и собирает ведущих отечественных эргономистов и прикладных психологов, занимающихся исследованиями и разработками сложных человеко-машинных комплексов в различных отраслях промышленности и сферах жизни. На этот раз планируется обсуждение следующих проблем:

- психолого-эргономические аспекты функционирования человеко-машинных комплексов и организационных систем;
- психологические и эргономические проблемы обеспечения жизнедеятельности и работоспособности специалистов;
- деятельность субъектно-информационного типа как ключевой компонент операторской деятельности;
- психологическая безопасность как ключевая проблема обеспечения эффективности эргатических систем;
- эргономика и дизайн: общность и различия;
- творческое мышление и творческая компетентность специалистов как ключевые факторы решения проблем в условиях неопределенности;
- методология сертификации эргатических систем и разрабатывающих их специалистов;

- системообразующая роль групповой деятельности в развитии эргатических систем.

Полнотекстовые труды конференции будут опубликованы в специальных выпусках журнала «Человеческий фактор: серия Проблемы психологии и эргономики», реферируемого Российским индексом научного цитирования (РИНЦ). Срок подачи докладов – 1 июля 2013 года. Подробности в информационном письме, которое можно скачать по ссылке <http://ergo-org.ru/conferences.html>.

**10 МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС»**

27–28 ноября 2013 года, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

10th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Missions”

November 27–28, 2013,

State Organization «Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Centre»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» 27–28 ноября 2013 года проводит 10 Международную научно-практическую конференцию «Пилотируемые полеты в космос».

Цель конференции – оценка современного уровня исследований и практических результатов в области создания и применения пилотируемых космических аппаратов, подготовки и профессиональной деятельности операторов аэро-космических систем.

В работе конференции предусмотрено проведение круглого стола по теме: «Настоящее и будущее пилотируемой космонавтики».

Программой конференции предусмотрена работа по следующим секциям:

Секция 1. Проблемы и перспективы развития и применения пилотируемых космических систем.

Председатель: Сохин И.Г. Секретарь: Троицкий С.С., тел. 526-59-55; S.Troitskiy@gctc.ru

Секция 2. Профессиональная деятельность космонавтов.

Подсекция 2.1. Профессиональная деятельность космонавтов (отбор, подготовка, космический полет). Результаты выполнения космических полетов.

Председатели: Корзун В.Г., Жук Е.И. Секретарь: Марченкова Т.В.; 526-53-31; T.Marchenkova@gctc.ru

Подсекция 2.2. Новые информационные технологии в подготовке космонавтов.

Председатель: Ковригин С.Н. Секретарь: Пономарев К.В.; 526-53-87; K.Ponomarev@gctc.ru

Секция 3. Научно-прикладные исследования и эксперименты в космосе.

Председатели: Сорокин И.В., Сабуров П.А. Секретарь: Бондаренко С.С., тел. 526-51-83; S.Bondarenko@gctc.ru

Секция 4. Технические средства для подготовки космонавтов и моделирование факторов космических полетов.

Подсекция 4.1. Технические средства для подготовки космонавтов.

Председатель: Хрипунов В.П. Секретарь: Жохов А.И., тел. 526-57-23;
A.Zhokhov@gctc.ru

Подсекция 4.2. Проблемы эксплуатации центрифуг и их применение для подготовки космонавтов.

Председатель: Долгов П.П. Секретарь: Киршанов В.Н., тел. 526-35-59;
V.Kirshanov@gctc.ru

Подсекция 4.3. Внекорабельная деятельность.

Председатель: Алтунин А.А. Секретарь: Жамалетдинов Н.Р., тел.526-38-62;
N.Zhamaletdinov@gctc.ru

Секция 5. Медицинские и психологические аспекты отбора, подготовки и деятельности экипажей в космических полетах.

Председатель: Почуев В.П. Секретарь: Симаева Л.М.; 526-25-31;
L.Simaeva@gctc.ru

Секция 6. Молодежь для настоящего и будущего пилотируемой космонавтики. Образовательные программы.

Председатель: Захаров О.Е.; 526-35-18; O.Zakharov@gctc.ru Секретарь: Ермоленко Г.В.; 526-53-04

Рабочие языки конференции – русский и английский.

К началу конференции будет издан сборник тезисов докладов.

Тезисы докладов и экспертное заключение о возможности открытого опубликования следует направлять на соответствующие электронные адреса секций, указанные выше, а также в распечатанном виде на почтовый адрес: 141160, Московская область, Звездный городок, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Тезисы, представляемые на конференцию, должны быть оформлены порядком, приведенным на сайте ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» www.gctc.ru в разделе «10 Международная научно-практическая конференция». Полученные тезисы Оргкомитетом не редактируются, ответственность за их содержание и оформление возлагается на авторов.

Срок предоставления тезисов – до 20 августа 2013 года, электронные версии тезисов направляются в адрес конференции только один раз в окончательной редакции.

Подробная информация об условиях проведения конференции и связанных с ней мероприятиях размещена на сайте ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» www.gctc.ru.

Оргкомитет

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. Редакция вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или же общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи сообщается автору, который представил статью, специалистам, давшим рекомендации, и организации, где работа выполнялась.

To the Attention of Readers

The editorial board of the magazine shall not bear any responsibility in front of authors and/or third parties and institutions for potential losses caused by an article publication. The editorial board has the right to withdraw a published article if during its publication somebody's rights or customary scientific ethic norms had been violated. Author of the article, specialists who gave recommendations and organization, where the work was done, shall be informed about the withdrawal.

Наши координаты для контактов

(по вопросам публикации, рекламы, и деловых предложений)

Кальмин Андрей Валентинович (организационные вопросы)

тел.: 8 (495) 526-37-31; 8 (495) 526-38-90, e-mail: A.Kalmin@gctc.ru.

Факс: 8 (495) 526-26-12

Электронный вариант научного журнала «Пилотируемые полеты в космос» выполнен в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Содержание журнала размещено на сайте <http://www.gctc.ru>

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

Научный редактор *Л.К. Васильева*
Технический редактор *Н.В. Волкова*
Корректор *Т.И. Лысенко*
Перевод *С.Б. Беляковская*

Подписано в печать 24.06.2013 г.
Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.
Усл. печ. л. 11,55. Тираж 120 экз. Зак. 320-13.

Отпечатано в типографии редакционно-издательского отдела
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»