

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

С.К. Крикалёв

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Б.И. Крючков –
заместитель
главного редактора,

А.В. Кальмин –
ответственный секретарь,

Ю.М. Батурин,

М.Н. Бурдаев,

Л.К. Васильева,

С.П. Власенков,

Н.В. Волкова,

О.С. Гордиенко,

П.П. Долгов,

В.М. Жуков,

С.А. Жуков,

О.В. Котов,

Г.Д. Орешкин,

В.И. Почуев,

В.Н. Саев,

И.Г. Сохин,

М.В. Тюрин,

М.М. Харламов,

В.М. Усов,

В.И. Ярополов.

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС.....4

Основные итоги подготовки и деятельности экипажа МКС-31/32 при выполнении программы космического полета.

Г.И. Падалка, С.Н. Ревин.....4

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС15

Открытые системы на орбите. *О.А. Сапрыкин*15

О развитии технических исследований и экспериментов на МКС. *В.Н. Бойкачев, В.В. Хоменко*29

Использование информационных технологий в процессе подготовки космонавтов. *М.М. Харламов, С.Н. Ковригин, А.А. Курицын*35

Анализ особенностей лунной экспедиции и разработка предложений по обеспечению безопасности экипажа при выполнении миссий к Луне. *В.И. Ярополов*44

Выбор и состояние разработки электрореактивных двигателей мегаваттного класса для межпланетных полетов. *Ю.В. Кубарев, К.П. Кирдяшев, В.А. Смирнов*66

Модель, структура, особенности и перспективы развития сообщества космонавтов. *Л.В. Иванова*.....88

ДИСКУССИИ.....93

Новые направления робототехники в пилотируемой космонавтике. *Б.И. Крючков, В.М. Усов*.....93

ОБЗОРЫ.....101

Обзор механизмов воздействия перегрузок на организм космонавтов. *В.Н. Алексеев, Е.А. Кобзев, В.Н. Киришинов*.....101

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ	108
Зарегистрирован космический рекорд	108
60 лет В.Г. Корзуну	110
70 лет А.П. Александрову	111
80 лет В.А. Пономаренко.....	112
Эксперименты в интересах обеспечения полетов в дальний космос и деятельности на поверхности Марса и Луны	114
Центрифуга ЦФ-7 – 40 лет на службе отечественной пилотируемой космонавтики.....	116
Всероссийская научно-техническая конференция «Экстремальная робототехника»	117
10 Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»	118
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ	120
Великий первопроходец и создатель (посвящается памяти В.И. Яздовского). <i>В.А. Пономаренко</i>	120
Информация для авторов и читателей	135

На снимках (стр. 64–65) – молодежный образовательный Космоцентр

CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS	4
Main Results of the ISS-31/32 Crew's Training and Activity During the Space Flight Program Implementation. <i>G.I. Padalka, S.N. Revin</i>	4
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS	15
In-Orbit Open-Cycle Systems. <i>O.A. Saprykin</i>	15
On the Development of Engineering Research and Experiments on Board the ISS. <i>V.N. Boykachev, V.V. Khomenko</i>	29
The Usage of Information Technologies in the Course of Cosmonaut Training. <i>M.V. Kharlamov, S.N. Kovrigin, A.A. Kuritsyn</i>	35
Analysis of Lunar Expedition Peculiarities and Proposals for Crew Safety During Flight to the Moon. <i>V.I. Yaropolov</i>	44
Selection and Status of the Development of Megawatt-Class Electrojet Engines for Future Interplanetary Missions. <i>Yu.V. Kubarev, K.P. Kirdyashev, V.A. Smirnov</i>	66
Model, Structure, Peculiarities and Development Prospects of Cosmonaut Community. <i>L.V. Ivanova</i>	88
DISCUSSIONS	93
New Directions of Robotics for the Purposes of Manned Cosmonautics. <i>B.I. Kryuchkov, V.M. Usov</i>	93
OVERVIEWS.....	101
Overview of Mechanisms of Overload Effects on a Cosmonaut's Body. <i>V.N. Alekseev, E.A. Kobzev, V.N. Kirshanov</i>	101
SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION.....	108
The Space Record is Registered	108
V.G. Korzun 60-Year Anniversary.....	110
A.P. Aleksandrov 70-Year Anniversary	111
V.A. Ponomarenko 80-Year Anniversary.....	112
Experiments in the Interests of Deep-Space Missions and Activity on the Surface of Mars and the Moon	114
Centrifuge ЦФ-7 – 40 Years in the Service of Home Manned Cosmonautics	116
Russian Scientific and Technical Conference “Extreme Robotics”	117
10th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Missions”	118
HISTORY. EVENTS. PEOPLE	120
Great Pioneer and Creator (In Memory of V.I. Yazdovski). <i>V.A. Ponomarenko</i>	120
Information for Authors and Readers	135
Photos on pp. 64–65 – Youth Educational Cosmocenter	

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-31/32 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА Г.И. Падалка, С.Н. Ревин

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ Г.И. Падалка;
летчик-космонавт РФ С.Н. Ревин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-31/32 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА-04М» 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-31/32 Crew's Training and Activity During the Space Flight Program Implementation. G.I. Padalka, S.N. Revyn

The results of the ISS-31/32 crew's activity aboard the ISS and the "Soyuz-TMA-04M" transport vehicle are considered. The comparative analysis and estimation of the crew's contribution to the general ISS flight program are given. Particular attention is paid to implementation of science-applied research and experiments aboard the station. Remarks and suggestions to improve the ISS Russian segment are given.

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

Состав экипажа и основные результаты полета

Основной экипаж длительных экспедиций МКС-31/32 в составе (рис. 1):

Падалка Геннадий Иванович	командир ТПК «Союз ТМА-04М» бортинженер экспедиции МКС-31 командир экспедиции МКС-32 (Роскосмос, Россия)
Ревин Сергей Николаевич	бортинженер ТПК «Союз ТМА-04М» бортинженер МКС-31/32 (Роскосмос, Россия)
Джозеф Акаба	бортинженер-2 ТПК «Союз ТМА-04М» бортинженер МКС-31/32 (НАСА, США)

выполнил космический полет длительностью 125 суток с 15 мая 2012 года по 17 сентября 2012 года. Позывной на ТПК «Союз ТМА-04М» – «Альтаир».



Рис. 1. Экипаж экспедиций МКС-31/32

Опыт полетов членов экипажа

Падалка Геннадий Иванович в отряде космонавтов с 1989 года. До назначения в экипаж выполнил три космических полета в составе экипажей ЭО-26 ОК «МИР», МКС-9 и МКС-19.

Ревин Сергей Николаевич в отряде космонавтов с 1996 года. До назначения в экипаж опыта космических полетов не имел.

Акаба Джозеф Майкл в отряде астронавтов НАСА с 2004 года. До назначения в экипаж имел опыт одного космического полета длительностью 12 суток в качестве специалиста полета шаттла «Discovery» STS-119.

Основные итоги полета

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-04М» с экипажем на борту был произведен 15 мая 2012 года, $T_{\text{КП}} = 06:01:23$; $T_{\text{КО}} = 06:10:11$ декретного московского времени (ДМВ) с космодрома Байконур (Казахстан).

Параметры орбиты выведения: период $T = 88,67$ мин, наклонение $i = 51,67$ град., высота $h \times H = 200,6$ км \times 246,04 км.

В космическом полете выполнены следующие работы:

- доставка экипажа экспедиции МКС-31/32 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 17 мая 2012 года ТПК «Союз ТМА-04М» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу (+Y) модуля МИМ2 ($T_{\text{КАСАНИЯ}} = 07:35:58$ ДМВ);

- сближение американского грузового корабля SpaceX «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к модулю Node2 АС МКС осуществлены 25 мая 2012 года (ТМ.З. = 20:10 ДМВ);

- расстыковка корабля SpaceX «Dragon» от МКС выполнена 31 мая 2012 года ($T_{\text{РАССТЫКОВКИ}} = 11:07$ ДМВ);

- расстыковка ТПК «Союз ТМА-03М» от стыковочного узла модуля МИМ1 и спуск выполнены 1 июля 2012 года. Время расстыковки – 07:45:00 ДМВ, время посадки – 11:15:40 ДМВ;
- сближение и стыковка ТПК «Союз ТМА-05М» к стыковочному узлу МИМ1 осуществлены 17 июля 2012 года (ТМ.З. = 07:51:02 ДМВ);
- расстыковка ТПК «Прогресс М-15М» от стыковочного узла СО1 по программе автономного полета выполнена 22 июля 2012 года (время расстыковки – 23:25:42 ДМВ). Следует отметить, что запланированная на 24 июля 2012 года тестовая стыковка ТПК «Прогресс М-15М» к СО1 не выполнена из-за отказа аппаратуры «Курс-НА» на дальнем участке сближения;
- 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);
- повторная тестовая стыковка ТПК «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 НПИиЭ;
- техническое обслуживание бортовых систем, дооснащение, ремонтно-восстановительные работы, проведение телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок;
- расстыковка ТПК «Прогресс М-15М» от стыковочного узла СО1 осуществлена 30 июля 2012 года (время расстыковки – 00:19:14 ДМВ);
- стыковка ТПК «Прогресс М-16М» к СО1 выполнена 2 августа 2012 года (ТМ.З. = 04:18:47 ДМВ);
- расстыковка грузового корабля НТВ-3 от МКС осуществлена 12 сентября 2012 года (время отделения от манипулятора станции – 18:50:00 ДМВ);
- возвращение экипажа экспедиций МКС-31 и МКС-32 на Землю, 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.

Основные задачи подготовки экипажа к полету

Подготовка к полету экипажа МКС-31/32 в составе командира ТПК «Союз ТМА-04М» Падалки Геннадия Ивановича, бортинженера Ревина Сергея Николаевича и бортинженера-2 Акабы Джозефа Майкла проводилась с 15 ноября 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-04М» являлись:

- подготовка, направленная на формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз ТМА-04М»;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении сближения, причаливания, стыковки ТПК «Союз ТМА-04М» на все стыковочные узлы РС МКС;
- отработка навыков выполнения ручного управляемого спуска (РУС);
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-АК;
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-ДК;

- построение солнечной ориентации и закрутки ТПК в режимах РО-АК и РО-ДК;
- подготовка членов экипажа к действиям в случае срочного покидания МКС при разгерметизации и пожаре;
- отработка действий по выполнению срочного спуска с орбиты в случае покидания МКС;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении расстыковки ТПК с неориентированной и нестабилизированной МКС;
- подготовка экипажа к выполнению сближения и причаливания ТПК «Прогресс-М» на стыковочные узлы РС МКС в режиме ТОРУ;
- подготовка экипажа к приему, передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-30/31 и МКС-32/33;
- подготовка экипажа к выполнению операций по консервации и расконсервации ТПК, операциям по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- подготовка членов экипажа к эксплуатации бортовых систем РС МКС (модули ФГБ, СМ, СО1, МИМ1, МИМ2);
- теоретическое ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладке снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемые корабли;
- подготовка российских членов экипажа по задачам внекорабельной деятельности в объеме типовых операций и по программе ВКД-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-04М»

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-04М» был произведен 15 мая 2012 года с космодрома Байконур (рис. 2).

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно, $T_{\text{КП}} = 06:01:23$; $T_{\text{КО}} = 06:10:11$ ДМВ.

Во время предстартовой подготовки экипаж обнаружил и доложил на Землю о росте в СА парциального давления CO_2 . После проверки оказалось, что поглотительный патрон блока очистки атмосферы СА не подключен к вентилятору. Дотянуться до патрона и подсоединить его в скафандре самостоятельно не представлялось возможным. Для устранения сложившейся ситуации была оказана помощь специалиста стартовой команды: пришлось разгерметизировать отсеки корабля и после подсоединения патрона экипаж выполнил повторную проверку герметичности отсеков.

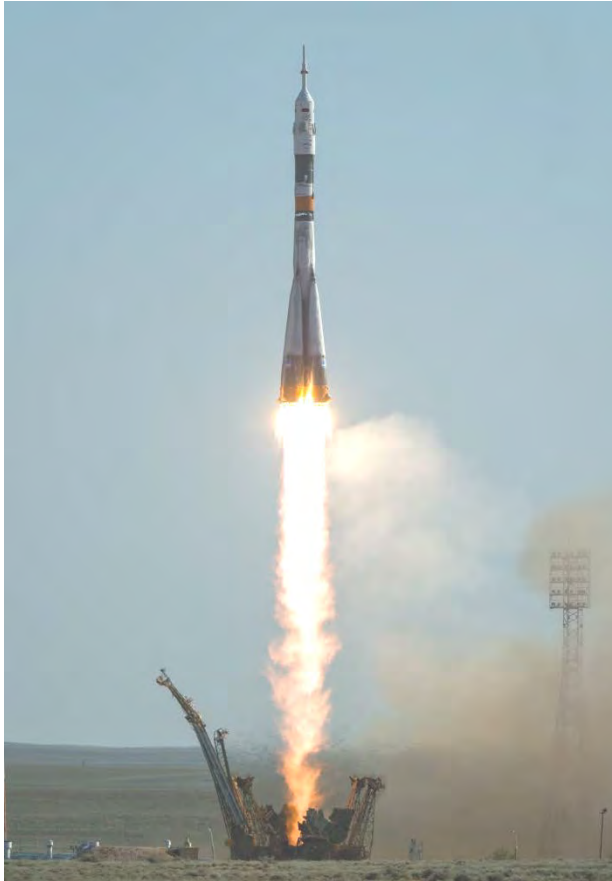


Рис. 2. Старт корабля «Союз ТМА-04М»

На 1-м витке проведен контроль герметичности отсеков корабля, выполнен режим ВИПШ. Замечаний не было. Время выдвижения штанги стыковочного механизма – 5 мин 25 с.

На 2-м витке выполнен тест СУД № 1, выполнено построение солнечной ориентации и закрутка (СОиЗ) в режиме РО-ДК.

Программа работы первых суток полета выполнена полностью.

На 3-м и 4-м витках был выполнен двухимпульсный маневр № 1. Выданы два импульса на подъем орбиты 22.81 м/с и 8.81 м/с соответственно. После маневра выполнена СОиЗ по целеуказаниям. К сеансу связи 5-го витка выполнен тест ТВ.

После перехода в БО и снятие скафандра командир корабля не сумел извлечь комбинезон от полетного костюма из-за его плотной укладки.

На 14-м витке подготовили рабочее место в бытовом отсеке на случай выполнения ручного сближения: установлены ЛДИ и БВК.

На 17-м витке проведен одноимпульсный маневр № 2. Выдан импульс на ДПО-БТ 2.0 м/с. После маневра выполнена СОиЗ по целеуказаниям. Программа работы вторых суток полета выполнена полностью.

17 мая 2012 года на 32–34 витках полета выполнен режим автоматического сближения и стыковки со станцией к модулю МИМ2. Время формирования признака «Касание» – 07:35:58 ДМВ.

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

16 сентября 2012 года, завершив программу полета на МКС, экипаж экспедиции МКС-31/32 приступил к подготовке к возвращению на Землю. На 12-суточном витке выполнена расконсервация корабля. Переход в корабль и закрытие переходных люков выполнили 16 сентября 2012 года в 23:10:00 ДМВ на 13-суточном витке. Переход на автономное питание был выполнен на 13-суточном витке по КРЛ в 23:16:00 ДМВ.

Подготовка к расстыковке проводилась по штатной программе полета. Проверка герметичности скафандров и люка СА-БО прошла без замечаний.

Расстыковка выполнена на 15-суточном витке в автоматическом режиме с последующим одноимпульсным отводом. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа выдана экипажем в 02:06:00 ДМВ.

После расстыковки был проведен тест светодиодной фары. Цель теста – определение максимальной дальности, на которой можно наблюдать мишень и элементы конструкции станции при освещении фарой в тени. С этой целью расстыковку проводили в тени до начала сеанса УКВ связи.

Спуск выполнялся по штатной программе. В связи с тем, что сутки расстыковки включали 15 витков, включение СУДН для выполнения спуска было выполнено на 1-суточном витке, посадка – на 2-суточном витке. По указанию ЦУПа экипаж запретил ИКВ-1 и ИКВ-2. Время включения СКД для выдачи тормозного импульса – 04:56:18 ДМВ. Двигатель работал штатно, отработал тормозной импульс 115,4 м/с без замечаний. Разделение отсеков прошло штатно в 05:25:29 ДМВ. После разделения пропала связь ЦУПа с экипажем и отсутствовала до конца полета. Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС. Вход в атмосферу произошёл на 6 с позднее расчетного. Максимальная перегрузка – 4,3 единицы. Конечные параметры управления: отклонения индекса от программной кривой равно нулю, интеграл равен 21. Посадка осуществлена в расчетной точке в 05:52:55 ДМВ.

Взаимодействие с ПСС хорошее, связь с самолетом установлена после ввода ОСП. Работа по эвакуации экипажа началась непосредственно после приземления.

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-31/32 работал на борту МКС 122 суток с 17 мая 2012 года по 16 сентября 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-03М»;
- ТПК «Союз ТМА-04М»;
- ТПК «Союз ТМА-05М»;

- ATV-3 «Эдоардо Амальди»;
- ТГК «Прогресс М-15М»;
- SpaceX «Dragon»;
- НТВ-3;
- ТГК «Прогресс М-16М».

В ходе полета экипажем выполнялись следующие динамические режимы:

- стыковка ТПК «Союз ТМА-04М»;
- стыковка SpaceX «Dragon»;
- расстыковка SpaceX «Dragon»;
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-03М»;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-15М»;
- стыковка НТВ-3;
- повторная тестовая стыковка ТГК «Прогресс М-15М»;
- расстыковка НТВ-3;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-15М»;
- стыковка ТГК «Прогресс М-16М».

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-30/31, МКС-32/33.

С 17 мая 2012 года по 1 июля 2012 года – совместный полет с экипажем МКС-30/31 в составе:

- Кононенко Олег Дмитриевич (бортинженер экспедиции МКС-30, командир экспедиции МКС-31, Роскосмос, Россия);
- Кауперс Андрэ (бортинженер МКС-30/31, ЕКА, Нидерланды);
- Петтит Дональд Рой (бортинженер МКС-30/31, НАСА, США).

С 17 июля 2012 года по 16 сентября 2012 года – совместный полет с экипажем МКС-32/33 в составе:

- Маленченко Юрий Иванович (бортинженер МКС-32/33, Роскосмос, Россия);
- Акихико Хошиде (бортинженер МКС-32/33, ДжАКСА, Япония);
- Санита Уилльямс (бортинженер МКС-32, командир МКС-33, НАСА, США).

Внекорабельная деятельность

Во время полета экипажа МКС-31/32 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).

Выход совершили космонавты из состава экспедиции МКС-32: Г. Падалка, Ю. Маленченко.

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

Основные задачи выхода:

- перенос грузовой стрелы (ГСтМ2) с СО1 на ФГБ;



Рис. 3. Выполнение работ по программе VKD-31

- запуск спутника «Сфера»;
- установка пяти дополнительных противометеороидных панелей (ДПП) на РО СМ;

Дополнительные задачи (при наличии времени):

- демонтаж съемной кассеты контейнера на СО1 (СКК № 2-СО1);
- демонтаж контейнера № 1 «Биориск – МСН» на СО1;
- установка подкосов выносного рабочего места (ВРМ) на СО1.

Особенности выхода:

- демонтаж съемной кассеты контейнера СКК № 2 на СО1 не выполнен из-за невозможности закрытия механизма складывания СКК.

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 первой и тридцать второй пилотируемых экспедиций МКС-31 и МКС-32».

В ходе полета экипаж выполнял 30 из 35 экспериментов, проводимых в это время на МКС. Остальные эксперименты выполнялись в автоматическом режиме. Структура российская научной программы МКС-31/32 представлена ниже в табл. 1.

Распределение выполненных научно-прикладных исследований и экспериментов на борту МКС-31/32 по направлениям представлено на диаграмме 1.

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 последст-

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

Таблица 1

Структура российской научной программы МКС-31/32

№ 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	4	1
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	9	9
7	Технические исследования и эксперименты	ТЕХ	6	5
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	3	3
Всего:			35	30

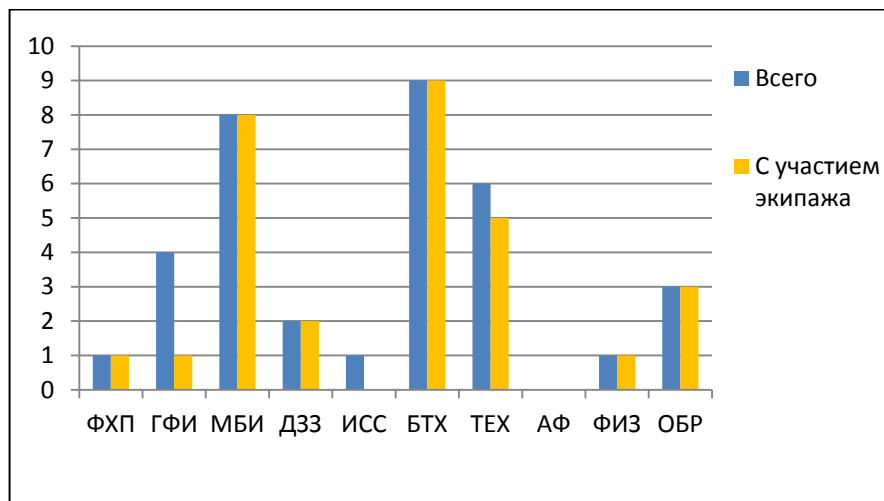


Диаграмма 1. Распределение космических экспериментов в полете МКС-31/32 по направлениям исследований



Рис. 4. Сергей Ревин во время проведения эксперимента БТХ-26 «Каскад» в малом исследовательском модуле (МИМ1) «Рассвет»

Сравнительный анализ деятельности экипажей МКС по научной программе

Время, затраченное на проведение экспериментов на МКС при работе крайних экспедиций, несколько снизилось (диаграмма 2).

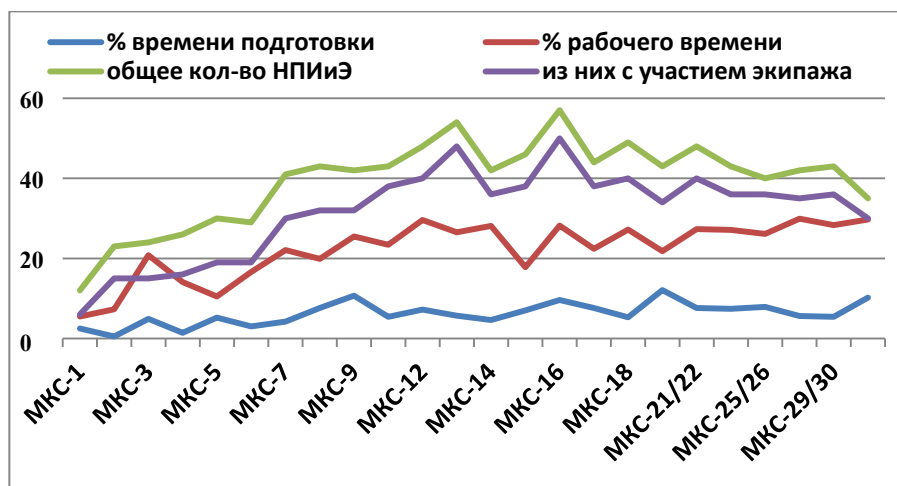


Диаграмма 2. Динамика длительности российской научной программы (ч) в процессе экспедиции

Начиная с 7-й экспедиции количество экспериментов, выполняемых на борту МКС, не снижается ниже 40 (для экипажа МКС-31/32 этот показатель составил 35).

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

Основные замечания и предложения экипажа по результатам полета

Замечания и предложения экипажем были высказаны во время проведения послеполетных мероприятий по анализу результатов подготовки и выполнения космического полета. Основные замечания касаются как развития РС МКС, так и создания перспективных КА:

1. Экипаж отмечает слабую загруженность программы полета научными экспериментами.
2. Высокий уровень шума на РС МКС вследствие работающих вентиляторов, особенно в МИМ1, МИМ2 и СО1.
3. Отсутствие функционально-специализированных модулей на РС МКС.
4. Дефицит жилого объема на РС МКС.
5. Для повышения качества подготовки по РС МКС больше использовать фото- и видеоматериалы, полученные с борта.

Заключение

Подводя итоги результатов подготовки и выполнения программы полета экипажа длительной экспедиции МКС-31/32, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Уровень подготовленности экипажа МКС-31/32 по транспортному кораблю «Союз ТМА-04М» и российскому сегменту МКС позволил космонавтам Г. Падалке, С. Ревину и астронавту Д. Акаба успешно выполнить запланированную программу космического полета.
2. Рациональное использование времени и работа в личное время позволили российским космонавтам перевыполнить программу полета на РС МКС на 91 час.
3. Полет экипажа МКС-31/32 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами из шести человек, в числе которых 3 космонавта Роскосмоса.
4. 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.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ НА ОРБИТЕ

О.А. Сапрыкин

Канд. техн. наук О.А. Сапрыкин (г. Королёв, ЦНИИмаш)

В работе рассматриваются идеи формирования новой инфраструктуры исследования и освоения космического пространства. Предложено создание новой среды формирования космических программ – с одной стороны, максимально адаптивной к появлению новых научно-исследовательских и технологических задач в космическом пространстве, с другой стороны – поставленной на промышленную основу, использующую ограниченную номенклатуру типовых средств, изготавливаемых серийно. Проведен анализ недостатков развития современных пилотируемых средств как исследовательских универсальных лабораторий. Показано, что в основе существующих недостатков лежат два преобладающих в практике принципа: принцип проектирования «от задач» и принцип создания «замкнутой» или «закрытой» архитектуры космических объектов. В качестве альтернативы предложено рассмотреть решения, основанные на принципе проектирования «от возможностей» и принципе «открытой» архитектуры пилотируемых космических объектов. В целом такой подход формирования космических объектов и космических программ назван «открытой космической архитектурой». Показано, что реализация такого подхода в проектах обозримого будущего способна открыть новые возможности изучения, освоения космического пространства, а также обеспечить формирование условий к его практическому использованию.

Ключевые слова: околоземные космические станции, низкая околоземная орбита, Международная космическая станция, открытая система, замкнутая система, архитектура станции, орбитальная станция нового поколения, ярус, модуль, корабль, научно-прикладные исследования, транспортно-техническое обеспечение.

In-Orbit Open-Cycle Systems. O.A. Saprykin

The article considers ideas of forming a new infrastructure for research and space exploration. It is proposed to create a new environment of space programs formation – on the one hand, it should be the most adaptive to new research and technological problems in space, on the other hand, put on industrial basis, which uses a limited list of series-produced standard facilities. The disadvantages of development of modern manned spacecrafts as multipurpose research laboratories are analyzed. It is shown that the current disadvantages are based on two principles prevailing in practice: engineering philosophy «to solve problems as they occur» and design principle of «closed» architecture of spacecrafts. As an alternative, it is proposed to consider the decisions based on engineering philosophy «depends on possibilities» and the principle of «open» architecture of manned space vehicles. In general, such an approach of forming space objects and space programs is called «open space architecture». It is shown that the implementation of this approach in the foreseeable future projects can open new opportunities for exploration of outer space and also can provide conditions for its practical use.

Keywords: earth orbital space stations, low-earth orbit, International space station, open-cycle system, loop system, architecture of the station, orbital station of new generation, module, spacecraft, science-applied research, maintenance logistics.

Объект исследования

Объектом исследования в данной работе являются околоземные космические станции, история создания которых составляет уже более 40 лет. Более конкретно, рассматриваются вопросы об архитектуре их построения и взаимосвязи архитектурных решений с вопросами общей эффективности использования этих станций. Космические станции – как правило, дорогостоящие объекты, и их заказчики, разработчики стремятся к максимальному увеличению срока их эксплуатации. Однако при длительных сроках эксплуатации возникают проблемы физического старения материальной части объектов и потери их потребительских качеств: меняются элементная база, актуальность решаемых задач, меняются поколения разработчиков. Традиционные решения в итоге приводят к тому, что изначально ресурс модулей, составляющих станцию, назначается максимально большим, стоимость и сроки создания этих модулей при этом, безусловно, только увеличиваются, а в результате на орбите приходится эксплуатировать объект, не отвечающий современным задачам, с устаревшей элементной базой, с ограниченными возможностями по реконфигурации и с большим объемом работ по техническому обслуживанию и ремонту. Разрешить это противоречие можно лишь за счет новых проектных подходов создания космических станций.

Изложенные ниже подходы, скорее всего, являются общими для космических сложных (собираемых) объектов. Однако чтобы избежать неопределенности рассуждений, уточним область, где эти решения будут востребованы уже сегодня – это область низких околоземных орбит (НОО). Это орбиты высотой от 200 до 1000 км, наклонением от 0 до 90 градусов. Применительно к этой области пространства будет идти речь в данной статье.

Зачем нужны сегодня околоземные пилотируемые станции?

Различные агентства создают станции (либо участвуют в совместных проектах) со своими национальными задачами. Но существуют общие тенденции, своего рода вектора развития, которые трудно не заметить, наблюдая опыт каждой страны. В целом, можно выделить три области задач станций на низких околоземных орбитах. Это:

- проведение научных фундаментальных исследований (вектор «наука»);
- отработка новых технологий для дальнейшего освоения космического пространства (вектор «освоение»);
- реализация прикладных программ в интересах Земли (вектор «Земля»).

Что касается вектора «наука», то на сегодня в этом направлении сложился определенный кризис – фундаментальные исследования на МКС проводятся хотя и постоянно, но в весьма ограниченном объеме. Главные причины тому – огромный объем работ, проведенный на борту предшествующих станций за 40 лет их эксплуатации, безусловно, во многом удовлетворил интерес ученой общественности. Кроме того, выяснилось, что одновременная реализация научных исследований по разным направлениям на одном борту мешает друг другу.

Например, активная физическая деятельность экипажа МКС, сложная геометрическая конфигурация станции и большие разнесенные в пространстве массы ее элементов, частые динамические операции ухудшают условия проведения научных экспериментов в областях микрогравитационных исследований, наблюдения космоса и Земли. Как следствие, на МКС не реализован режим «микрограви-

тации», определенный в Спецификации станции (по времени он должен был составлять не менее 180 суток в год).

Мешает и присутствие самого человека на борту. Санитарные нормы существенно ограничивают области исследований, проводимых на научной аппаратуре внутри герметичных отсеков – биологических, радиобиологических (с источником радиации), получение полупроводниковых кристаллов, исследования в области высоких напряжений, высоких электромагнитных полей, токсичных веществ и т.д. На рис. 1 в матричном виде показано негативное влияние различных направлений исследований друг на друга, а также служебных систем и экипажа. Чем больше в клетке обозначений, тем более сложно обеспечить совместимость экспериментов данных направлений.

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ЦЕЛЕВОЙ И СЛУЖЕБНОЙ АППАРАТУРЫ НА МКС

	Материаловедение	Геофизика и ДЗЗ	Медицина и биология	Технические КЭ	Астрофизика	Служебные системы и экипаж
Материаловедение			В	В	Э	Б,В,Э
Геофизика и ДЗЗ			В	В,Н,Э	Н,О,Э	Б,В,Н,О,Э
Медицина и биология	В	В			В	Б
Технические эксперименты	В	В,Н,Э			В,Н,Э	Б
Астрофизика	Э	Н,О,Э	В	В,Н,Э		Б,В,Н,О,Э
Служебные системы и экипаж	Б,В,Э	Б,В,Н,О,Э	Б	Б	Б,В,Н,О,Э	

Факторы, ограничивающие исследования:

- Б – ограничения накладываемые безопасностью
- В – вибрация
- Н – требования по наведению и ориентации
- О – требования по орбите
- Э – электромагнитные помехи и СВА станции

Рис. 1

Для получения новых научных результатов и расширения областей научных исследований на низких орбитах необходимо создание качественно новой среды экспериментов.

Что касается второго вектора – вектора «освоения» – то это, безусловно, наиболее востребованное направление целевых работ. В настоящее время станции на 80 % используются для отработки и поддержания наукоемких технологий, а также для содержания кадрового потенциала «космических» стран, способного решать такого рода задачи в будущем. Поэтому научные программы на борту станций, как следствие сказанного выше, также носят во многом прикладной характер: более 30 процентов экспериментов посвящены области технических (технологических) экспериментов. Это естественно, поскольку предстоит решить большой объем задач, связанных с освоением более удаленного космического пространства. В частности, это задачи натурных испытаний:

- двигательных установок для межпланетных КА;
- энергетических установок для межпланетных КА и напланетных станций;
- средств обеспечения жизнедеятельности космонавтов нового поколения, включая средства медицинского обеспечения;
- средств радиационной защиты;
- систем автоматизированного сближения и стыковок с некооперируемыми объектами;
- систем робототехнического обслуживания КА с участием человека, в телеоператорном режиме, а также в автоматическом режиме, и др.

В совокупности эти задачи на НОО по объему трудозатрат, ожидаемых результатов не уступают задачам научных исследований, поскольку обеспечивают основу для дальнейшего проникновения ученых, их экспериментального обслуживания в гораздо более удаленные (и намного менее изученные) области космического пространства, чем область НОО.

Что касается вектора задач прикладного использования (вектор «Земля»), то следует отметить, что станции давно передали значительную часть своих «прикладных» функций космическим аппаратам-автоматам. Это, прежде всего, задачи дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), космической связи. На борту станций остается также важный сегмент задач, связанных с образовательной, научно-популярной деятельностью. Однако в последнее время появились актуальные задачи, связанные с обретением опыта обслуживания автоматических КА. Анализ засоренности околоземного пространства, факты столкновения спутников свидетельствуют о том, что дальнейшее продолжение экспансивной технологии запусков одноразовых КА, по крайней мере, в областях НОО, орбит навигационных спутниковых систем, геостационарной орбиты фатально опасно для будущей космонавтики. Это означает, что «автоматический космос» надо также обслуживать, как мы сегодня обслуживаем пилотируемые объекты. Это сложнейшая техническая, технологическая и организационная проблема. К ее разрешению необходимо готовиться уже сегодня. Опыт обслуживания, обретенный на борту пилотируемых станций, здесь наиболее актуален и, безусловно, будет востребован. В конечном счете это не означает, что пилотируемые корабли либо станции будут обслуживать автоматические КА (что, как известно, в ряде случаев также имеет смысл и будет востребовано). Это означает, что на станциях будут отработаны те робототехнические системы и средства их доставки к объектам (маневрирующие платформы), которые впоследствии станут основой систем обслуживания автоматических КА.

Новая концепция пилотируемых полетов в области низких околоземных орбит

Предлагаемая новая концепция пилотируемых полетов на низкие околоземные орбиты (НОО или LEO) базируется на следующих основных положениях.

1. НОО являются достаточно хорошо изученной/освоенной (в том числе, с непосредственным участием человека) областью в широтах Земли до 51,7 градуса. Определенный научный интерес продолжают составлять широты более 51,7 градуса и полярные области Земли, в области которых возможен ряд новых исследований, в которых относительно непродолжительное непосредственное участие человека представляется обоснованным. В целом же, необходимость посто-

янного присутствия человека на НОО, с точки зрения научных исследований и освоения космического пространства, на современном этапе отсутствует.

2. Область НОО в части реализации пилотируемых программ представляет интерес, в первую очередь, для периодических полетов человека, связанных с отработкой технологий освоения космического пространства и реализации межпланетных миссий, а также проведения специфических экспериментов, в которых важно использование факторов космического полета – вакуума, невесомости, радиационной обстановки и др.

3. Необходимы пилотируемые космические средства, обеспечивающие деятельность человека на НОО с минимальными эксплуатационными затратами.

4. Должна быть обеспечена высокая гибкость созданной низкоорбитальной инфраструктуры в части оперативной ее адаптации к решению новых задач на НОО.

5. Возможности международного сотрудничества в области НОО должны быть объединены таким образом, чтобы технологические преимущества любой из стран-партнеров в совместных проектах были максимально использованы.

6. Гибкость, экономичность, адаптивность, технологическое совершенство пилотируемой космонавтики на НОО могут быть обеспечены за счет реализации серии совместных международных проектов, объединенных общими концептуальными подходами и едиными проектными архитектурными решениями.

7. МКС является одним из стартовых проектов по созданию низкоорбитальной инфраструктуры, однако данный проект не может ее подменять ввиду высоких эксплуатационных затрат, особенностей построения и переразмерности.

Целями пилотируемых миссий на НОО являются:

- обеспечение перехода к качественно новой фазе освоения космического пространства – полетам человека за пределами низких околоземных орбит – за счет создания и совершенствования технологий освоения космического пространства и межпланетных перелетов;

- расширение круга специалистов, участвующих в космической деятельности – за счет повышения экономичности пилотируемых проектов, повышения их комфортности и безопасности;

- повышение эффективности фундаментальных и научно-прикладных программ на борту пилотируемых средств – за счет объединения ученых и технических групп, работающих над одной проблематикой, оптимизации процедур отбора космических экспериментов, совершенствования института научных экспертиз;

- развитие систем орбитального обслуживания автоматических КА – за счет перманентного перехода от орбитального обслуживания человеком к орбитальному обслуживанию роботом.

Новая концепция – новая архитектура пилотируемых станций

Изложенную выше концепцию можно перевести на язык новых архитектурных требований, предъявляемых к околоземным станциям. В частности, архитектура создаваемых пилотируемых станций должна предусматривать соблюдение следующих основных требований.

1. Пилотируемые средства для НОО должны создаваться преимущественно как серийные (не уникальные, не разовые) изделия с четко выраженными функциями назначения – специализацией. Это обеспечит переход космонавтики НОО на широкую промышленную основу. При этом разработчик может не являться

изготовителем, а изготовитель, в свою очередь, может быть выбран на конкурентной альтернативной основе.

2. Пилотируемая инфраструктура должна представлять собой совокупность пилотируемых транспортных кораблей и определенного множества типовых специализированных отсеков-модулей, которые могут входить как в стартовый состав пилотируемых кораблей, так и в состав орбитальных связок, собираемых из аналогичных отсеков-модулей. При этом орбитальные связки отсеков-модулей должны обеспечивать работоспособность таких «мини-станций» преимущественно без непосредственного участия человека, в посещаемом режиме.

3. Гибкость адаптации орбитальных связок для решения новых задач должна обеспечиваться не за счет избыточности размеров и ресурса, а за счет замены/дооснащения новых отсеков-модулей – за счет реконфигурации орбитальной связки. Это означает, что отсеки-модули должны быть, во-первых, сочетаемы (интегрируемы, унифицированы) друг с другом, а во-вторых, специализированы таким образом, чтобы позволить получать в составе связки те новые качества, которыми отсеки-модули в отдельности могут не обладать.

4. Архитектура орбитальных связок должна позволять заменять любой отсек-модуль без разрушения работоспособной ее части.

5. Новая орбитальная инфраструктура НОО не должна ориентироваться на область орбит только с одним или несколькими наклонениями, поскольку прикладные и научные задачи будущих станций ориентированы на различные широты. В рамках данной инфраструктуры рассматриваются рабочие орбиты от 0 до 90 градусов.

6. Рабочими высотами орбит НОО должны рассматриваться 200...1000 км. Орбиты 800...1000 км предполагают взаимодействие средств НОО со средствами межпланетного транспорта и отработку соответствующих технологий.

Элементы НОО-инфраструктуры, которые будут создаваться и, возможно, испытываться на борту МКС, должны рассматриваться вне зависимости от судьбы проекта МКС, поскольку сама МКС этим требованиям в полной мере не отвечает.

Открытая архитектура орбитальных станций

Новые решения проектирования могут быть найдены, в частности, в оптимальном сочетании подходов специализации и универсализации орбитальных средств, а именно, в создании серии специализированных орбитальных средств и эксплуатации этих средств в рамках орбитальных связок с «открытой» архитектурой, то есть с архитектурой, позволяющей заменять (либо просто удалять, утилизировать) любое из них.

Определение «открытая» система означает, что изначально она проектируется не как законченное самодостаточное изделие (совокупность изделий) с определенным кругом решаемых задач, а как средство решения первоочередных, наиболее актуальных задач ближайшего периода с возможностью реконфигурации в средства с дополнительной либо альтернативной специализацией на более отдаленных периодах эксплуатации. Время существования открытой системы теоретически может быть бесконечным (за счет смены любого ее элемента). Вместе с тем, такая система может распадаться на несколько самостоятельных систем (если новые задачи несовместимы с первоначальными), либо утилизироваться после первой же миссии (если заказ является единичным).

Поскольку вводится понятие «открытой» системы, то, очевидно, следует определить и понятие «замкнутой» системы. «Замкнутая» система, в отличие от «открытой», создается как некоторое конструктивно законченное средство («платформа», «база») для решения задач на протяжении определенного (ограниченного «базой») периода времени. Перечень этих задач может быть конкретным либо корректируемым в процессе эксплуатации, но среди элементов системы, обеспечивающих решение этих задач, обязательно присутствуют ключевые, единственные, без которых заявленные задачи не выполняются. Исключение этих элементов из состава (в частности, их потеря в результате отказа) приводит к потере системы. С этим обстоятельством, собственно, и связано ограничение существования замкнутой системы во времени.

Например, орбитальный комплекс «Мир», Международная космическая станция, нереализованный проект «Мир-2» 1992 года являются замкнутыми системами. Во всех этих проектах присутствуют элементы (базовый блок – на ОК «Мир» или «Мир-2», служебный модуль – на МКС), без которых эти пилотируемые станции не могли бы выполнять свои задачи. Естественно, то же можно сказать и о станциях «Салют», «Скайлэб», где понятие «базовый» элемент включало, собственно, всю систему.

Нетрудно заметить, что понятие «открытая» система отличается от понятия «универсальная». Эти отличия состоят, в частности, в том, что космическое средство с «открытой» архитектурой в каждый момент времени своего существования универсальным не является, оно может выполнять отдельную и достаточно специфическую задачу. Однако за счет реконфигурации во времени, смены специализированных элементов перечень решаемых задач может быть не только существенно расширен, но – теоретически – быть бесконечным. Такая космическая система (совокупность средств) вовсе не предполагает в обязательном порядке неких служебных платформ, унифицированных интерфейсов на борту, единых средств связи, управления, что характерно для универсальных космических средств. К ней предъявляются несколько отличительные требования, такие как:

- минимальный срок создания каждого специализированного орбитального средства;
- минимальная функциональная избыточность орбитальных средств;
- минимальная остаточная стоимость каждого орбитального средства при возникновении необходимости его замены на средство нового функционального назначения;
- минимальная стоимость разработки и производства каждого орбитального средства.

Разрабатываемые специализированные орбитальные средства – модули станций – должны, по возможности, перекрывать основной перечень перспективных пилотируемых задач в космосе (каждое – в своем направлении специализации). Естественно, что номенклатура специализированных орбитальных средств должна быть, по возможности, минимальной, а в рамках отдельного направления целевых задач – унифицирована, с учетом возможной градации основных проектных характеристик предполагаемых заказов. Это может привести к тому, что часть служебных требований, связанных с обеспечением жизнедеятельности экипажа, может возлагаться на транспортное средство, поскольку последнее является неотъемлемым элементом пилотируемых миссий, а продолжительность последних, в зависимости от задач, может быть относительно невелика (например, при замене научной аппаратуры на автономно летающей платформе). В целом, избы-

точность служебных функций на станции, если это требуется в конкретных миссиях, обеспечивается за счет специальных целевых (энергетических либо логистических) модулей, а также за счет кораблей снабжения (средств транспортно-технического обеспечения, ТТО).

Конечной целью выполнения перечисленных выше требований должна являться рентабельность пилотируемых миссий, поскольку на НОО человечество переходит к фазе использования космического пространства. Рентабельность возможна только при наличии пакета заказов. Поэтому акценты в перечисленных выше требованиях расставлены таким образом, чтобы направить создание орбитальных средств на получение (и реализацию) максимального пакета заказов в перспективе ближайших 3–5 лет. В существующей же практике разработчик космической техники сопоставляет возможности универсальных (как правило, долговременных) орбитальных объектов с требованиями заказчиков, что неизбежно приводит к потере части заказов.

Окупаемость полетов в космос необходимо искать на пути увеличения объема специализированных миссий и снижения объема миссий обслуживания (по крайней мере, в относительном соотношении). Предлагаемое направление, таким образом, может потребовать существенного перераспределения выполняемых функций между модулями (носителями целевых нагрузок) и кораблями (средствами ТТО). Речь идет, с одной стороны, об упрощении целевых модулей, обеспечении за счет этого высокой динамики их изготовления, относительно невысокой стоимости создания, свойственных корабельным средствам. С другой стороны, о расширении функциональных возможностей средств ТТО: например, в части обеспечения задач жизнедеятельности экипажа. Последнее, действительно, может несколько увеличить стоимость корабельных средств, однако следует учесть, что эти средства предполагается использовать в новой концепции программной организации космических полетов.

Принципы проектирования «открытой» пилотируемой космической системы

Принципы построения пилотируемых космических систем в рамках предлагаемой концепции состоят, в частности, в следующем.

1. Количество запусков пилотируемых кораблей должно соответствовать реальному количеству заказов на пилотируемые миссии.

С точки зрения современной практики, это приведет к сокращению количества пилотируемых миссий (но, вместе с тем, и к наполнению их целевого содержания). Например, даже если имеется всего один заказ в два года, то надо планировать программу исходя из этого факта: вряд ли следует в течение этих лет запускать шесть транспортных кораблей, обеспечивая на некотором «базовом» средстве потенциальную возможность такого полета. Полет, в общем, может и не потребовать в итоге этого «базового» средства (могут потребоваться лишь некоторые доработки корабля). Предлагается отойти от практики планирования запусков на момент, определенный скважностью производственных мощностей, необходимостью проведения профилактических, ремонтных работ на борту, некими «этапами» строительства (без учета рентабельности этих миссий в течение ближайших 2–3 лет). Момент запуска должен определяться, преимущественно, заказчиком миссии. Это, с одной стороны, само по себе способствует повышению интереса заказчика, с другой стороны, минимизирует эксплуатационные расходы орбитальных средств.

2. Программа пилотируемых полетов не обязательно должна требовать непрерывного присутствия человека на борту, как, впрочем, и самого средства на орбите.

Критерии, определяющие длительность пилотируемых миссий, должны формулироваться исходя из решаемых в космосе задач, а также исходя из требований комфортности пребывания экипажа на борту. Например, вряд ли сегодня целесообразно ставить задачу о многомесячных, многолетних полетах человека в космосе, если это не связано непосредственно с целью полета. Космическая техника и медицина опытом долговременных полетов на станциях «Салют», «Мир», в принципе, показали, что такие полеты вполне осуществимы при соблюдении ряда выполнимых условий. Вряд ли здесь имеет смысл увеличивать статистическую выборку: цена в прямом и переносном (человеческом) смысле весьма велика. Если же расценивать такого рода задачи длительных полетов в контексте подготовки полета на Марс либо основания лунного поселения, то, во-первых, условия пребывания человека при выполнении таких миссий существенно отличаются от условий при полетах на высоте 300–450 км около Земли (и накопленная статистика может оказаться малоприменимой). Во-вторых, такого рода миссии должны разрабатываться в рамках соответствующих программ, с четкими задачами и целевым финансированием.

3. Сроки эксплуатации целевых модулей вряд ли должны превышать 10 лет.

Этот срок соответствует динамике морального старения элементной базы бортовых систем, а также появлению у заказчиков пилотируемых полетов новых актуальных направлений деятельности (новых крупных целевых задач – потенциальных заказов на целевые модули). В результате модули на орбите оказываются достаточно «современными», что способствует повышению интереса заказчика. Кроме того, такие модули значительно дешевле долговременных «базовых» объектов, их стоимость соизмерима со стоимостями корабельных средств. Разумное ограничение срока эксплуатации снижает также эксплуатационные расходы (за счет сокращения ремонтно-восстановительных и профилактических работ на борту: для большинства бортовых систем пятилетний ресурс – преодоленный рубеж безотказной работы).

4. Принципы проектирования бортового комплекса управления, программного обеспечения, радиотехнического комплекса необходимо также рассматривать в контексте новых программных подходов организации пилотируемых миссий. Эти принципы применительно к архитектуре «открытых» систем состоят в следующем.

Бортовой комплекс управления (БКУ) любого орбитального средства должен быть технически и логически переподчиняемым со стороны других орбитальных средств и Центра управления полетами (ЦУП).

Фактически это означает децентрализацию управления на борту, «плавающий» характер управляющего системой «интеллекта». Например, для открытой системы с целью управления отдельными, интегрированными в нее элементами, нецелесообразно сосредотачивать на одном модуле основные управляющие компьютеры, средства радиотехнического обеспечения и силовой коммутации. Эти задачи должны выполняться в рамках самих элементов (модулей, кораблей) по дистанционно управляющим программам со стороны модуля-«лидера» (корабля-«лидера»), то есть со стороны элемента, принятого на данном этапе работ в качестве «управляющего» по решению общестанционных задач (задач «верхнего уровня»). Подразумевается не только возможность межмодульного дистанцион-

ного управления для решения задач «верхнего уровня», но и возможность превращения каждого элемента в управляющего «лидера».

Такой подход, в свою очередь, приводит к тому, что управляющие компьютеры каждого элемента открытой системы аппаратно и логически (за счет дистанционной перепрошивки с Земли) дублируют друг друга. То есть, чем больше интегрируемых элементов в системе, тем она становится надежнее, что, естественно, не свойственно традиционным методам организации БКУ (с увеличением управляемых элементов надежность централизованных компьютерных систем, как правило, снижается). Кроме того, это позволяет несколько упростить локальную структуру компьютерных средств в рамках отдельного модуля (корабля): появляется возможность частично отказаться от их многократного резервирования, поскольку функциональный резерв обеспечивают компьютеры взаимодействующих модулей (кораблей).

5. В открытой системе наиболее уместным представляется бескабельное (радиотехническое) межмодульное управление.

Это, помимо указанных выше возможностей смены управляющего «лидера», позволит существенно снизить объем служебных работ экипажа на борту при реконфигурации системы (возможно, совершенно исключит работы по доставке, прокладке и подключению новых межмодульных связей, объем которых сегодня на орбите достаточно высок).

Соответствующие радиотехнические системы желательно проектировать также с учетом возможности их использования в межбортовой коммуникации. Это, с одной стороны, обеспечение связи с Землей. С другой стороны, обеспечение межмодульных каналов обмена. Такое проектирование радиотехнического комплекса открывает дополнительные возможности по объединению (в случае необходимости) информационных потоков от каждого модуля в единый цифровой поток на наземные измерительные пункты. То есть, увеличение размерности открытой системы естественным образом будет сопровождаться увеличением скоростей (объема) передачи необходимой информации по каналу «борт–Земля–борт».

Сказанное не означает, что такой подход должен быть реализован одновременно. «Открытость» системы позволяет ей постепенно эволюционировать в нужном направлении. Так, например, при создании орбитальной станции нового поколения (ОСНП), о которой речь ниже, на первой стадии можно использовать системы управления имеющихся орбитальных средств, поскольку реконфигурация простых связок возможна и на традиционной элементной базе. Внедрение нового типа организации бортового комплекса управления может происходить и на более отдаленной стадии развития станции, и в этом – еще одно преимущество нового подхода.

Пример реализации «открытой» системы на базе российских космических технологий

Любое предложение наиболее наглядно на конкретном примере. Может ли быть организована такая «открытая» система в существующей российской пилотируемой технике?

По мнению авторов, российская пилотируемая техника наиболее подготовлена к созданию такой системы. Это связано с существованием в России относительно недорогих корабельных средств типа «Союз», «Прогресс», кораблей-модулей для доставки модулей типа СО (стыковочный отсек), МИМ2 (малый ис-

следовательский модуль № 2), модулей типа ФГБ (функционально-грузовой блок), МЛМ (многофункциональный лабораторный модуль), способных выполнять автоматическую стыковку с космическими объектами.

В качестве иллюстрации новых подходов на рис. 2 приведен вариант новой станции на базе РС МКС и ее трансформации в зависимости от изменения задач, приоритетов космической программы. Открытая система могла бы создаваться, например, с первоначальной целью решения текущей долгосрочной программы научно-прикладных исследований (НПИ). С появлением пилотируемых транспортных кораблей нового поколения (ПТК НП), новых лабораторных и служебно-энергетических модулей станция будет готова к выполнению более широкого спектра НПИ, которые в настоящее время еще лишь находятся на стадии обсуждения. По мере отработки одного из таких новых направлений исследований могут быть созданы надувные обитаемые модули, обеспечивающие значительные герметичные объемы внутреннего пространства для комфортного пребывания экипажа на борту. Соответственно станция может трансформироваться из станции-лаборатории в преимущественно станцию-гостиницу. Это станет важным моментом обретения нового качества – обеспечения возможности полетов и пребывания на борту значительно большего количества людей на станции, чем это можно обеспечить сегодня. Новые люди привнесут новые идеи, новые задачи в космосе, новые средства освоения...

В еще более отдаленной перспективе, по мере совершенствования робототехники, технологий высокоорбитальных и межпланетных перелетов, на станции может быть организован стапель для сборки окололунных и межпланетных автоматических комплексов. Станция может быть трансформирована из станции-гостиницы в станцию-стапель.

Важным свойством нового проектного подхода является использование «ярусной архитектуры». Ярус – это своеобразный «этаж» из состыкованных модулей или кораблей, обеспечивающий решение определенного – акцентированного на

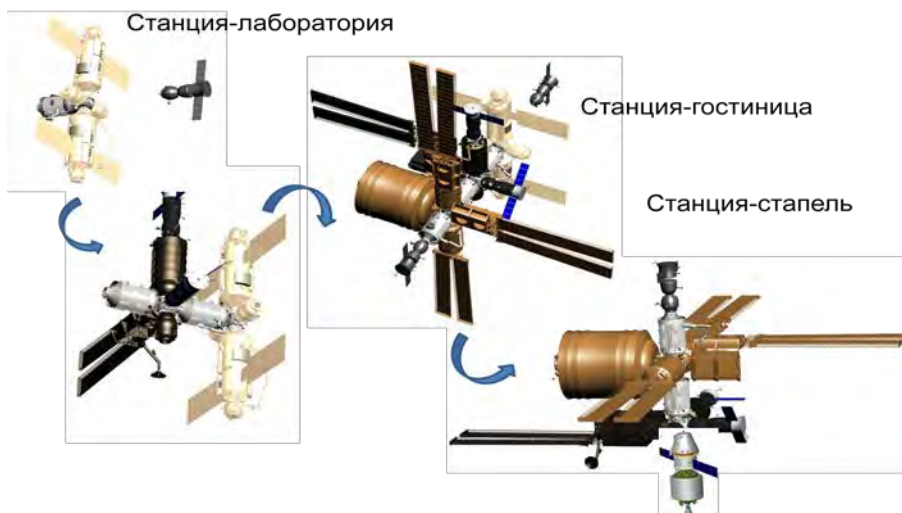


Рис. 2. Создание орбитальной станции нового поколения (ОСНП) и ее трансформация в зависимости от решаемых задач

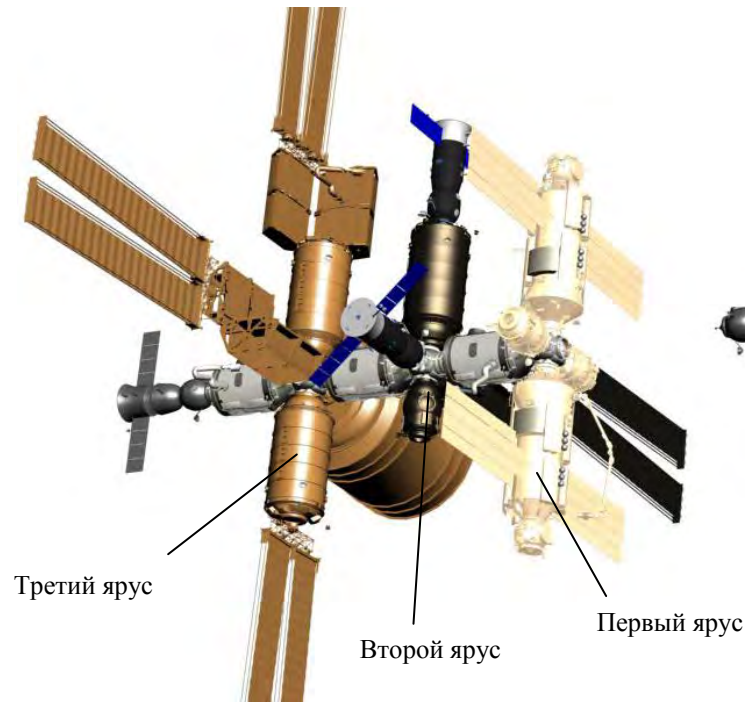


Рис. 3. Возможный облик пилотируемой орбитальной станции нового поколения с тремя одновременно эксплуатируемыми ярусами

текущий момент – спектра задач (рис. 3). Соединяет модули разных ярусов узловой модуль (УМ) (своего рода причал космических средств), близкий по назначению с узловым модулем, разрабатываемым сегодня ОАО РКК «Энергия» для станции МКС, но имеющий ряд важных отличий, о чем будет сказано ниже. УМ – небольшой модуль с шестью стыковочными интерфейсами (узлами) для организации пояса модулей одного «яруса» и стыковки этого яруса с двумя соседними ярусами.

Например, первый ярус может быть предназначен, в основном, для решения программы научно-прикладных исследований и, таким образом, включать станцию-лабораторию. При этом в состав могут также входить модули типа МИМ2 или (и) СО, обеспечивающие выход космонавтов в открытый космос.

Узловой модуль является важным элементом станции – как с точки зрения организации ее основной силовой конструкции, так и с точки зрения ее реконфигурации, изменения состава модулей (рис. 4). Он оснащается специальным манипулятором, обеспечивающим безударную стыковку и перестыковку модулей (кораблей) на различные стыковочные узлы. Он также имеет цилиндрическую проставку, что обеспечивает разнесение «ярусов» на расстояние, достаточное, чтобы интегрировать на соседних ярусах модули и корабли различной геометрической конфигурации, включая и такую, которая еще неизвестна на текущий момент.

На более отдаленной стадии эта орбитальная связка может быть оснащена вторым узловым модулем (УМ-2), на котором будет осуществляться сборка второго яруса. В состав второго яруса могут войти уже модули нового типа (еще не созданные сегодня), доставляемые на борт в составе корабельных средств (кораблей-



Рис. 4. Узловой модуль – ключевой элемент развития архитектуры станции

модулей). Несколько примеров такого рода типовых модулей приведено на рис. 5. Это герметичные модули – лабораторный модуль (ЛМ), надувной обитаемый модуль (НОМ), служебно-энергетический модуль (СЭМ) – негерметичная платформа для размещения обеспечивающих систем (энергообеспечения, терморегулирования, гиродинов, антенн широкополосной связи), а также робототехники и научной аппаратуры.

Второй ярус, показанный на рис. 3, обеспечит проведение НПИ с учетом более высокого уровня энергопотребления, обеспечения специальных ориентаций.

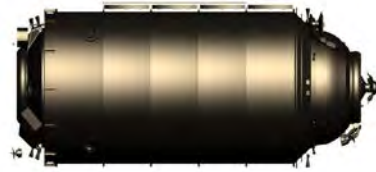
С введением третьего яруса (УМ-3) возможна интеграция в состав станции надувных модулей с большим внутренним объемом для экипажа, а также дополнительных кают и наращивание энергетической мощности станции. Этот ярус (совместно с остальными) будет обеспечивать новое качество станции – станции-гостиницы для посещения большого количества людей различных профессий.

Спустя 5–10 лет после начала автономного полета первый ярус может быть утилизирован, поскольку изменится программа НПИ, и, соответственно, модули этого яруса станут устаревшими. На этой стадии, возможно, более актуальными задачами станет сборка на орбите лунного экспедиционного комплекса либо пилотируемого корабля для полетов на ГСО или в области точек либрации систем «Земля–Луна», «Земля–Солнце». На этом этапе станция трансформируется в технологический стапель для сборки и предполетных испытаний такого рода сложных объектов будущего.

Таким образом, станция сможет существовать и трансформироваться под задачи без каких-либо временных ограничений.

Естественно, этот состав типовых элементов может быть сокращен, увеличен, откорректирован в соответствии с возможностями и требованиями заказчиков. Связки из двух и более таких кораблей (модулей) должны позволять решать в космосе достаточно широкий круг задач. При этом каждая связка имеет качественные отличия по возможностям осуществления тех или иных задач. Это позволяет решать целевые задачи на орбите с минимальной избыточностью используемых средств, за счет чего утилизация отдельных средств относительно безболезненна для программы в целом.

Развитие орбитального комплекса, в сущности, не означает обязательно наращивание его возможностей (хотя последнее, на первый взгляд, кажется желательным). В процессе эксплуатации какие-то задачи могут оказаться неактуальными



Лабораторный модуль



Служебно-энергетический модуль



Надувной обитаемый модуль

Рис. 5. Некоторые типовые модули ОСНП, различное сочетание которых может обеспечивать решение различных целевых задач на борту

либо некупаемыми. Открытая архитектура позволяет гибко и оперативно исправлять такого рода ситуации утилизацией, заменой избыточных элементов.

Таким образом, для открытой системы не ставится цель обеспечения максимального объема решаемых задач на борту на каждом этапе своей эксплуатации. Открытая система решает те задачи, которые актуальны в текущий период времени. Общий объем решаемых с ее помощью задач может быть, в конечном итоге, намного больше, чем объем задач, решаемых на борту универсальных («замкнутых») средств. Это достигается за счет оптимального распределения задач и средств их выполнения во времени.

Кроме того, открытые космические системы, видимо, единственные из практически реализуемых, которые могут существовать на орбите неопределенно продолжительное время за счет возможности ротации всех элементов.

О РАЗВИТИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА МКС

В.Н. Бойкачев, В.В. Хоменко

Канд. техн. наук В.Н. Бойкачев (ООО «ТЕХКОМ-электроник»)

Канд. техн. наук В.В. Хоменко (ООО «ТЕХКОМ-минитрастер»)

В статье проанализированы возможности использования экспериментальной базы ЦПК имени Ю.А. Гагарина в процессе развития технических исследований и экспериментов на МКС, а также новые возможности развития космонавтики, которые появляются в связи с комплексной реализацией инновационных проектов, разрабатываемых в Кластере космических технологий и телекоммуникаций Фонда «Сколково». Указанные возможности проиллюстрированы в предлагаемой тематике совместных проектов в области плазменных двигателей, малоразмерной космической платформы, летящей рядом с МКС, автономного водородного источника питания, радиоэлектронной аппаратуры для космической робототехники, аппаратно-программных комплексов визуальной поддержки работы космонавтов.

Ключевые слова: технические исследования и эксперименты, космическая робототехника, аппаратно-программные комплексы.

On the Development of Engineering Research and Experiments on Board the ISS. V.N. Boykachev, V.V. Khomenko

The paper analyzes the possibility of using experimental resources of the Yu.A. Gagarin Cosmonaut Training Center in the course of the development of engineering research and experiments on board the ISS as well as new opportunities for the development of cosmonautics which appear in connection with the complex implementation of innovative projects being developed within the frame of the Cluster of space technologies and telecommunications of the "Skolkovo" fund. The said resources are represented in the proposed theme of joint projects in the field of developing plasma thrusters, the ISS's small-scale platform, autonomous hydrogen power source, avionics for space robotics, soft/hardware complex to provide visual support of cosmonaut activity.

Keywords: engineering research and experiments, space robotics, soft/hardware complex.

В рамках Кластера космических технологий и телекоммуникаций Фонда «Сколково» представлены для обсуждения следующие инновационные проекты:

1. Плазменный нейтрализатор электростатических зарядов космического аппарата.

Планируется применение для этих целей магнитоплазодинамического ускорителя, созданного в России на основе научного открытия и доказавшего свою работоспособность при проведении экспериментов в космосе. Исполнитель – компания «Центр плазменных и вакуумных технологий».

2. Водородный плазменный газоразрядный ракетный двигатель.

Физические принципы работы данного двигателя позволяют диверсифицировать проект в направлениях создания водородного автономного источника питания (ВАИП), а также экономичного генератора озона (озонатора). Проект ВАИП интересен тем, что при использовании на борту космического аппарата (КА) он может дополнить его энергетiku, создаваемую солнечными батареями. Исполнитель – компания «Новые высокие технологии и инновации».

3. Электроракетный микродвигатель (ЭРМД).

Предлагается создание двух-трех типов плазменных микроЭРД для управления МКА весом от 50 до 200 кг (опционно от 10 кг) с блоками питания и управления,

а также специальным программным обеспечением. Исполнитель – компания «ТЕХКОМ-минитрастер».

4. Унифицированный многофункциональный микроэлектронный модуль для управления космическим аппаратом (УМММ).

Предлагается создание (на основе летающего в космосе прототипа) перепрограммируемого на Земле и в полете встраиваемого малоразмерного модуля (весом 80–160 г) для управления КА разной размерности, включая МКА. В настоящее время создается БЦВМ весом 300 г (с учетом дублирования), которая станет первым этапом проекта. В данном проекте будет использована передовая технология многокристалльных кремниевых модулей. Исполнитель – компания «ТЕХКОМ-электроник».

Сформированы предварительные предложения о проведении ряда космических экспериментов (КЭ) на МКС с целью экспериментальной отработки представленных инновационных проектов.

Ниже представлены формулировки КЭ, общие характеристики и перспективы развития нескольких проектов.

1. Создание плазменного нейтрализатора электростатических зарядов на поверхности МКС.

Данный проект основан на результатах, проведенных в течение ряда лет обширных исследований физических процессов, установления новых явлений и закономерностей в плазме, включая научное открытие (1962–1963 гг.) и космические эксперименты «Куст» и «Старт» (1977–1985 гг.) [1]. У этого проекта просматриваются большие перспективы дальнейшего развития, так как помимо нейтрализации электростатических зарядов на поверхности КА, магнитоплазодинамический ускоритель, используемый в данном проекте как нейтрализатор, имеет еще целый ряд областей применения [1]:

- генераторы плазмы для активного воздействия на верхние слои атмосферы, ионосферу и магнитосферу Земли;
- электрореактивные двигатели для ориентации, стабилизации КА и коррекции орбиты, полетов к дальним планетам [2];
- плазменные антенны и волноводы, генераторы шумов и колебаний;
- установки для испытания антенн орбитальных станций в плазменных образованиях;
- источники высокоскоростных нейтральных частиц для аэродинамических и теплофизических исследований;
- технологические установки для получения алмазоподобных покрытий, плавки металлов и т.д.

В последнее время появились новые области применения плазменных нейтрализаторов: крупногабаритные КА, в т.ч. оснащенные плазменными двигателями или другими устройствами (радары, радиосистемы и т.д.), при работе которых возникает плазменное облако вокруг КА; базы на Луне; пилотируемые КА для полетов в дальний космос.

2. Создание опытного образца водородного автономного источника питания для МКС.

Данный проект также основан на результатах прикладных исследований в области физики плазмы, направленных на создание плазменных двигателей. В отличие от других подобных проектов, в данном физическом процессе предлагается для ионизации рабочего тела использовать импульсный стримерный разряд, а

в качестве рабочего тела использовать водород, так как он обладает минимальной атомной массой, поэтому скорость истечения водородной плазмы из ускорителя будет максимальной. Известно, что при ионизации водорода в любом типе электрического разряда потери при передаче энергии от электронной компоненты к ионной минимальны из-за минимальных массовых различий и потому, что для атомов водорода возможна лишь однократная ионизация [3].

Инновационность данного подхода заключается в разработке оригинальных по сравнению с известными аналогами и значительно более простых и дешевых в реализации способов генерации плазмы и устройства плазменного водородного ракетного двигателя на базе стримерного разряда в водороде.

Кроме того, предлагаемый способ генерации плазмы имеет большой потенциал коммерциализации при его использовании в промышленности и в быту [4, 5]. В частности, большой практический интерес представляет создание водородного автономного источника питания (ВАИП) [4] для МКС. Актуальность этого проекта обусловлена дефицитом энергии на МКС, а также процессами деградации солнечных батарей и необходимостью иметь резервный источник электропитания. Последний фактор имеет большое практическое значение. Отсутствие резервного источника питания уже приводило к возникновению больших проблем на космической станции «Мир», когда она обесточивалась. В последние годы появилась новая перспективная область применения ВАИП: питание плазменных двигателей.

Кроме того, они могут использоваться как резервные системы питания, в том числе при пиковых нагрузках, а также при создании базы на Луне.

ВАИП также найдет широкое применение в социально-экономической сфере. Его потребителями могут стать медицинские и административные учреждения (компьютерная сеть, освещение); МВД, МЧС, Минобороны, торговля (торгово-холодильное оборудование, освещение); строительство и ремонт (электропитание на объектах) и др.

3. Создание надежной малоразмерной аппаратуры робототехнического комплекса для выполнения операций на МКС.

Космическая робототехника – одно из очень перспективных направлений развития космонавтики в XXI веке. В настоящее время она находится на начальном этапе своего развития. Благодаря наличию ЦПК имени Ю.А. Гагарина с его мощной экспериментальной базой, Россия может в короткие сроки добиться больших результатов в этой области. Реализация данного проекта позволит решить проблему создания высоконадежной малоразмерной аппаратуры управления космического применения, которая будет обеспечивать управление роботом как в автономном режиме (с помощью заложенной в него программы работ), так и по схеме дистанционного управления с борта МКС или из ЦУПа. Возможны и комбинированные варианты управления. Важной особенностью данного проекта является возможность перепрограммирования робота в ходе выполнения им определенной задачи или группы задач. Эта функция очень важна не только для космической робототехники, но и для космической техники в целом, так как она позволяет экономить время и ресурсы (на борту), необходимые для выполнения целевых задач.

Техническое решение этой проблемы уже существует. Так, бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ) производства АНО «НТИЦ «ТЕХКОМ», находящаяся в космическом полете на КА «Глонасс-К», уже дважды перепрограммировалась под решение разных задач (www.techcom.aero). Этот опыт будет использован и при реализации данного проекта.

Роботы найдут применение и для решения таких перспективных задач, как сборка конструкций в космосе, а также строительство и эксплуатация базы на Луне. И в том и в другом случаях роботы будут незаменимы, однако для их эффективной эксплуатации потребуется наличие радиоканалов связи и управления. Поэтому в данном проекте предполагается встраивание в аппаратуру радиоканалов S и X диапазонов, а также приемника системы ГЛОНАСС/GPS/Galileo. Это позволит управлять роботами, находящимися на околоземной орбите, а также на Луне, с Земли.

Основой аппаратуры управления роботами будет малоразмерная, многофункциональная, перепрограммируемая, высоконадежная БЦВМ. Помимо космической робототехники она будет применяться для управляемых МКА, малогабаритных систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (например, в инфракрасном диапазоне), управления антеннами в космосе и на Луне, решения задач в интересах МО РФ и др.

В ходе выполнения данного проекта целесообразно опробовать принципиально новое направление работ в области технических исследований и экспериментов на МКС – испытания в космическом полете аппаратно-программных комплексов (АПК) для КА. Так, например, в настоящее время начаты работы по определению технического облика АПК КА «Луна–Глоб» и «Луна–Ресурс». Поскольку данные АПК будут малоразмерными, появляется техническая возможность провести их летно-конструкторские испытания на МКС в условиях открытого космоса с учетом возможных нештатных ситуаций. Эти испытания позволят избежать ошибок, подобных допущенным в ходе отработки КА «Фобос–Грунт», а также получить ценную информацию, которая будет использована при создании других КА. Большой интерес также представляют испытания альтернативных вариантов АПК с целью выбора наиболее прогрессивных конструктивно-технологических решений.

Кроме того, высокие технические характеристики создаваемой аппаратуры позволят найти ей широкое применение в социально-экономической сфере, а именно: в системах управления реального масштаба времени, распознавания образов, робототехнике, для создания автоматизированных рабочих мест, аппаратуры промышленного, оборонного, медицинского, связного, радиотехнического и специального назначения, систем безопасности и др.

4. Создание малоразмерного аппаратно-программного комплекса для информационной поддержки деятельности экипажей по управлению состояниями ПКА.

Ограниченность состава экипажей МКС, растущие объемы работ на борту, сложность подготовки космонавтов для проведения экспериментов, мониторинга состояния и управления станцией приводят к необходимости развития работ по информационной поддержке деятельности экипажей. Основным требованием к решению данной задачи является сокращение трудоемкости выполнения космонавтами различных функций (мониторинга, управления, обслуживания и т.д.) за счет применения современных информационных технологий (ИТ). С помощью современных ИТ должны решаться задачи сбора, анализа, обработки, визуализации и доставки информации, необходимой космонавту, в любую точку МКС и в любой момент времени, а также управления набором функций без привязки к определенному месту на станции (например, к пультам). При этом возможная часть рутинных функций должна перекладываться на роботов, которые также будут включаться в систему информационной поддержки работы экипажей по схеме робот–член экипажа, способный получать команды, обеспечивать их выполнение и докладывать о результатах выполнения заданий.

Результаты выполнения работ по данному проекту могут быть также использованы для совершенствования системы визуализации телеметрической информации в целях повышения эффективности контроля и управления КА в реальном масштабе времени.

Кроме того, практика работы отрасли показывает необходимость создания и совершенствования промышленных систем тестирования и контроля функционирования аппаратно-программных комплексов управления КА в реальном масштабе времени на основе визуализации [6, 7].

5. Создание летающей платформы для проведения КЭ в открытом космосе совместно с МКС.

Одной из проблем проведения КЭ на МКС является создание условий «идеального космоса». Однако такие условия на МКС отсутствуют, так как станция окружена заряженными частицами, имеются вибрации конструкции, микрогравитация и т.д. В связи с этим еще около 10 лет назад в ЦНИИмаше поднимался вопрос создания космической платформы, летящей рядом со станцией, на которой условия космического полета близки к идеальным. Однако в тот период технические возможности для создания такой платформы в России отсутствовали. В настоящее время возможности для создания данной платформы появились благодаря началу работ в Фонде Сколково по проектам ЭРМД и УМММ. На основе этих проектов, по которым уже имеется определенный научно-технический задел, можно в сжатые сроки создать недорогую, управляемую с МКС и с Земли платформу общим весом порядка 50 кг и диаметром до 60 см с тем, чтобы ее можно было загружать в корабль «Прогресс» и доставлять к МКС.

Указанная платформа будет представлять собой МКА, управляемый с помощью абляционного импульсного плазменного двигателя – АИПД с энергопотреблением до 100 *вт*. Выбор АИПД (см. рис. 1) обусловлен тем, что он обладает следующими конкурентными преимуществами:

- высокая конструктивная надежность;
- возможность эффективной работы при низких потребляемых мощностях;
- возможность регулирования тяговых характеристик в широком диапазоне путем изменения частоты срабатывания;

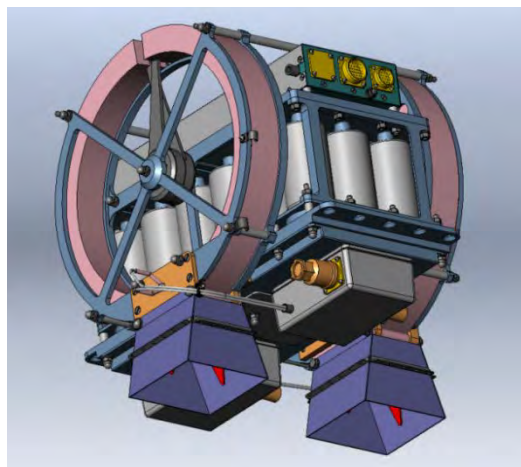


Рис. 1. Абляционный импульсный плазменный двигатель

- простота конструкции: отсутствие баков, магистралей, клапанов;
- отсутствие импульса последствия.

Оригинальные устройства разрядного канала и разрядной цепи, на которые участниками проекта получены патенты на изобретения, позволили создать проекты двигателей с параметрами, заметно превышающими зарубежные аналоги [8]. В то же время, возможны и другие варианты ЭРМД. Окончательный выбор двигателя будет сделан после формулировки ТЗ в зависимости от характера необходимых маневров изделия.

Предполагается, что одним из требований к платформе будет возможность плавного подхода к МКС для смены образцов для исследований или оборудования (например, АПК) для испытаний, а при длительных сроках работы – дозаправки рабочим телом (тефлоном).

Большое практическое значение будет иметь и летная отработка самой платформы, так как она сможет найти довольно широкое применение в космонавтике. Ее создание придаст новый импульс к развитию рынка МКА, так как позволит значительно расширить их возможности, а именно:

- резко увеличить их срок активного существования;
- обеспечить групповую работу МКА с переработкой большого объема информации на борту и обменом информацией;
- создать МКА нового поколения для решения задач ДЗЗ и телекоммуникаций;
- обеспечить сход МКА с орбиты после завершения программы полета с тем, чтобы не увеличивать засорение околоземного космического пространства;
- в перспективе обеспечивать раскрытие и сборку (совместно с роботами) конструкций в космосе и др.

Фактически речь идет о выходе России на сегмент рынка управляемых микроспутников.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кубарев Ю.В., Черник В.Н. Магнитоплазодинамический ускоритель, его применение в наземных и космических условиях. Часть 1. Применение магнитоплазодинамического ускорителя для наземных испытаний материалов наружных поверхностей космических аппаратов // Наука и технологии в промышленности. – 2008. – № 8.
- [2] Кубарев Ю.В. Полеты на Марс, электрореактивные двигатели настоящего и будущего // Наука и технологии в промышленности. – № 2. – 2006.
- [3] Горелик Е.П., Каторгин А.Б., Каторгин Б.И., Марин М.Ю. Экспериментальное исследование электрического разряда в продольном потоке водорода // Известия РАН, Серия «Энергетика». – 2009. – № 4. – С. 25.
- [4] Ефимов Ю.А., Марин М.Ю. Водородный автономный источник питания // Регионы России, XXI век. – 2010. – № 11–12 (55–56). – С. 52.
- [5] Ефимов Ю.А., Марин М.Ю. Газодинамическая технология GTL // Регионы России, XXI век. – 2011. – № 3 (59). – С. 34.
- [6] Бойкачев В.Н., Хоменко В.В., Дорошенко А.В. Комплексный анализ функционирования и управление качеством изделий космического приборостроения на основе метода визуализации // Информатизация и связь. – 2012. – № 7. – С. 54–56.
- [7] Столбов В.А. На стратегическом направлении // Российский космос. – 2012. – № 12. – С. 28–32.
- [8] Антропов Н.Н., Богатый А.В., Дьяконов Г.А., Любинская Н.В., Попов Г.А., Семенихин С.А., Тютин В.К., Хрусталева М.М., Яковлев В.Н. Новый этап развития абляционных импульсных плазменных двигателей в НИИ ПМЭ // Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина». – 2011. – № 5. – С. 30–40.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

М.М. Харламов, С.Н. Ковригин, А.А. Курицын

М.М. Харламов; канд. техн. наук С.Н. Ковригин; докт. техн. наук А.А. Курицын
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлены принципы создания компьютерных информационных систем, обеспечивающих процессы отбора, подготовки и реабилитации космонавтов. К данным системам относятся: базы данных по хранению результатов отбора и подготовки космонавтов, информационно-управляющие системы подготовки космонавтов, системы планирования подготовки космонавтов, информационно-поисковые системы (электронные библиотеки, электронные каталоги), компьютерные обучающие системы, мультимедийные комплексы и пр.

Ключевые слова: информационные технологии, информационные системы, компьютерные и виртуальные тренажеры, базы данных, космоцентр, инновации, отбор и подготовка космонавтов

The Usage of Information Technologies in the Course of Cosmonaut Training. M.V. Kharlamov, S.N. Kovrigin, A.A. Kuritsyn

The paper presents the principles of developing computer-based information systems ensuring the processes of selection, training, and rehabilitation of cosmonauts. Among these systems are: selection & training results databases, cosmonaut training information-management systems, cosmonaut training planning systems, information retrieval systems (electronic libraries, electronic catalogues), computer-assisted instruction systems, multimedia complexes, etc.

Keywords: information technologies, information systems, computer-based and virtual simulators, databases, cosmocenter, innovations, selection and training of cosmonauts

Введение

Цели инновационного развития России требуют дальнейшего внедрения современных информационных технологий во все отрасли промышленности страны.

В настоящее время в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее ЦПК) широко внедряются и используются информационные технологии (ИТ) обеспечения процессов подготовки космонавтов, включающие: создание автоматизированных информационно-справочных систем, баз данных, электронных библиотек, средств удаленного доступа и коллективной работы и др. Кроме того, современные информационные технологии используются при создании компьютерных (виртуальных) тренажеров и 3D-моделей, мультимедийных комплексов для подготовки космонавтов. В конце 2011 года создан и успешно функционирует первый в России молодежный образовательный Космоцентр (далее Космоцентр), предназначенный для профессиональной ориентации молодежи для работы в космической отрасли страны и популяризации достижений отечественной космонавтики. В Космоцентре реализованы самые современные инновационные образовательные технологии, применяемые при обучении как космонавтов, так и школьников и студентов.

Структура системы информационного обеспечения подготовки космонавтов

Развитие системы информационного обеспечения отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов проводится в соответствии с Концепцией ин-

форматизации Роскосмоса, которая направлена на создание отраслевого Единого информационного пространства Роскосмоса и требует постепенного поэтапного перехода к безбумажным технологиям ведения деятельности, повышения эффективности работы отрасли в целом.

Информационное обеспечение отбора, подготовки и реабилитации космонавтов включает:

- разработку и использование информационных ресурсов (информации, зафиксированной на материальных носителях: учебные пособия, организационно-методические документы и пр.) при отборе, подготовке и реабилитации космонавтов;

- обеспечение организациями-разработчиками космической техники системы отбора и подготовки космонавтов исходными данными, технической документацией, необходимыми для разработки технических средств подготовки космонавтов (ТСПК), учебно-методической документации и требований к космонавтам при отборе и подготовке;

- обеспечение Роскосмоса и заинтересованных организаций всей необходимой информацией по отбору и подготовке российских космонавтов и их деятельности в космических полетах на пилотируемых космических аппаратах (ПКА);

- информационное обеспечение функционирования ТСПК;

- информационное обеспечение подготовки космонавтов в полете;

- дистанционное обеспечение космонавтов информационными ресурсами, организацию дистанционного обучения;

- обеспечение накопления, защиты и использования персональных данных в процессе подготовки космонавтов;

- создание и актуализацию баз данных нормативных, правовых, методических и медицинских сведений;

- обеспечение условий информационной безопасности систем, использующих в процессе работы сведения ограниченного доступа.

В соответствии со своим назначением система информационного обеспечения включает следующие взаимосвязанные элементы (рис. 1):

- информационные ресурсы по отбору, подготовке и реабилитации космонавтов;

- персонал (космонавты и специалисты), который пользуется данными ресурсами;

- автоматизированные системы информационного обеспечения, информационно-телекоммуникационные сети и информационные технологии.

Основной составляющей системы являются информационные ресурсы по отбору, подготовке и реабилитации космонавтов, которые включают: результаты отбора и подготовки космонавтов, деятельности космонавтов в полете; различные виды технической, учебной, бортовой документации; отчеты по научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе; фото-, аудио-, кино-, видеоархивы; персональные данные космонавтов, в том числе и медицинские; нормативно-правовая документация; служебная документация и прочее.

Основным источником официальной информации о ЦПК является официальный сайт Центра. За прошедшие два года создан практически новый сайт с использованием современных технологий, мультимедиа и 3D-моделей. Для популяризации достижений пилотируемой космонавтики среди детей и школьников на сайте создан образовательный раздел.



Рис. 1. Общая структура системы информационного обеспечения отбора, подготовки и реабилитации космонавтов

Для информационного обеспечения сотрудников ЦПК создан корпоративный портал, целью которого является реализация оперативного доступа космонавтов, руководства и специалистов к основным внутренним информационным ресурсам ЦПК, в том числе к материалам текущей подготовки экипажей, новостям, руководящим документам, контактам сотрудников и другой информации.

В ЦПК значительное внимание уделяется созданию информационной системы (ИС) сопровождения подготовки экипажей МКС, ТПК и выполнения ими программы полета. Целью создания такой системы является: систематизированный сбор и хранение данных по результатам проведения подготовки космонавтов, анализ хода реализации программ подготовки и состояния подготовленности космонавтов [1].

К существующим информационным системам, используемым в ЦПК, относятся:

1. База данных нештатных ситуаций космических полетов.
2. База данных замечаний и предложений экипажей ПКА, высказанных в полете и по итогам выполнения космического полета.
3. Электронные библиотеки обеспечения отбора и подготовки космонавтов учебной, учебно-методической, технической и бортовой документацией.
4. База данных по фото- и видеоархиву ЦПК.
5. Цифровой фото-, видеоархив ЦПК.
6. Справочно-информационная система для подготовки космонавтов к полетам на Луну.
7. Прикладные ИС обеспечения административных и вспомогательных служб ЦПК и пр.

Перспективными направлениями развития систем информационного обеспечения подготовки космонавтов являются:

- создание автоматизированной системы планирования занятий и тренировок;
- внедрение медицинской информационной системы;
- создание современной библиотеки электронных учебно-методических материалов для подготовки космонавтов (с возможностью защищенного дистанционного доступа космонавтов и специалистов Учреждения через Интернет).

Развитие ИТ-инфраструктуры Центра

Информационная инфраструктура ЦПК имени Ю.А. Гагарина на протяжении многих лет развивалась традиционным способом – для каждой информационной системы выделялась отдельная аппаратная платформа (сервер), выбирались и приобретались программные средства. Это привело к появлению разрозненных логически и физически малосвязанных между собой «островков» ИТ-инфраструктуры. Экстенсивно развиваясь, информационная инфраструктура приобрела характер сложной, не всегда согласованной структуры. Ее эксплуатация, а тем более модернизация, требовала серьезных усилий обслуживающих подразделений.

Экстенсивное развитие традиционной инфраструктуры, с одной стороны, приводит к невысокой эффективности использования серверных ресурсов – в среднем не более 15 %, с другой, чрезвычайно ярко проявляются связанные с таким построением инфраструктуры проблемы, среди которых:

- отказ отдельных информационных систем или сервисов при поломке оборудования;
- отсутствие физического места под новые серверы, необходимые для внедрения новых информационных систем или сервисов;
- отсутствие достаточной мощности электропитания;
- недостаточное охлаждение серверов.

Кроме того, среди недостатков традиционного подхода к развитию информационной инфраструктуры можно выделить высокую сложность централизованного управления системой:

- необходимость управления большим количеством разрозненных, плохо структурированных данных;
- низкая скорость реакции на изменяющуюся динамику работы компонентов;
- отсутствие технических средств для комплексного анализа информации, корреляции данных из разных источников;
- высокое количество ложных срабатываний: трудности при поиске истинных проблем в системе.

Проанализировав недостатки традиционного способа построения информационной инфраструктуры, в ЦПК был реализован проект по консолидации и виртуализации вычислительных ресурсов на основе современных технологий. Консолидация и виртуализация ресурсов – отказ от традиционного «островкового» подхода, подразумевающего выделение для каждой конкретной задачи отдельной аппаратной платформы (сервера) и внедрение ресурсного подхода. Он позволяет группировать имеющиеся мощности по функциональному признаку в единые пулы ресурсов, а затем с помощью технологий виртуализации разделять их по мере необходимости между сервисами.

В результате обеспечены:

- повышение общей отказоустойчивости корпоративной сети за счет дублирования и возможности разнесения сервисов по разным виртуальным машинам;

– возможность оперативного создания сервера под конкретную задачу с определенной конфигурацией аппаратного и программного обеспечения без приобретения и установки физических (аппаратных) серверов;

– повышение эффективности использования оборудования и программного обеспечения за счет распределения ресурсов между серверами в зависимости от нагрузки – если некоторый сервер в конкретный момент времени используется мало, его свободные ресурсы перераспределяются между другими, которые нагружены больше.

Использование в ЦПК технологии виртуализации обеспечивает загрузку мощностей виртуального вычислительного комплекса (ВВК) более чем на 20 % с пиковой нагрузкой более 30 %. При этом необходимо отметить, что средний уровень использования серверных мощностей [4] в центре обработки данных (ЦОД) различных компаний составляет 18 %, причем для серверов на архитектуре x86 этот показатель понижается до 12 % (оптимальный уровень загрузки мощностей ЦОД составляет порядка 60–70 %). Загрузка вычислительных мощностей ВВК приведена на рис. 2.

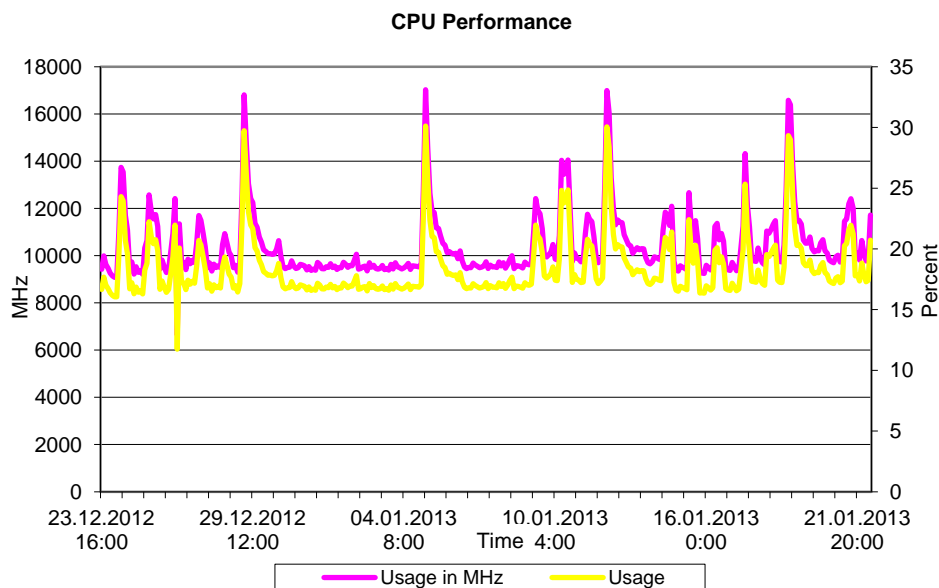


Рис. 2. Загрузка вычислительных мощностей ВВК

Дальнейшее развитие проекта консолидации и виртуализации вычислительных ресурсов Центра за счет переноса в ЦОД неохваченных («островковых») систем даст дополнительные преимущества за счет снижения ИТ бюджета (затрат на приобретение физического оборудования) и повышения удобства обслуживания и предоставления сервисов внутри Учреждения.

Компьютерные тренажеры подготовки космонавтов

Одним из важных направлений внедрения информационных технологий в процесс подготовки космонавтов является создание компьютерных обучающих систем или компьютерных (виртуальных) тренажеров.

Компьютерные тренажеры имеют следующие преимущества по сравнению с используемыми при подготовке космонавтов полномасштабными ТСПК: низкая стоимость, малые размеры, мобильность. Конечно, они не позволяют отработать полностью режимы полета ПКА, но эффективны при начальной теоретической и самостоятельной подготовке, подготовке по отдельным операциям (например, при выполнении динамических режимов ручного управления ПКА, выполнении космических экспериментов и т.д.), во время предстартовой подготовки.

Направления использования компьютерных тренажеров при подготовке космонавтов следующие:

1. Компьютерные тренажеры с использованием 3D-моделей ПКА, бортовых систем, научной аппаратуры, которые строятся на основе геометрического моделирования всех объектов и математического моделирования изменения состояния и перемещения объектов среды.

2. Полунатурные, компьютерные стационарные и компьютерные мобильные тренажеры транспортного пилотируемого корабля (ТПК).

На рис. 3 представлен компьютерный стенд виртуальной реальности по служебным бортовым системам РС МКС и ТПК «Союз ТМА». В состав стенда входят рабочее место преподавателя, рабочее место обучаемого, информационно-справочная система РС МКС, информационно-справочная система ТПК «Союз ТМА», виртуальные модели МКС и ТПК «Союз ТМА», шлем, перчатка.



Рис. 3. Стенд виртуальной реальности

Стенд используется для предтренажной подготовки космонавтов и астронавтов в части изучения конструкции и компоновки, внутреннего интерьера РС МКС и ТПК «Союз ТМА», а также для теоретической и практической подготовки по отдельным служебным бортовым системам РС МКС (СУБА, ССВП, СОТР, система вентиляции).

На рис. 4 показан компьютерный тренажер для подготовки по программе НПИиЭ с использованием 3D-моделей научной аппаратуры.

При построении 3D-моделей бортовых систем и научной аппаратуры используются следующие средства разработки программного комплекса: Microsoft, VisualStudio, DirectX.

Мобильный тренажер по отработке действий экипажей МКС по срочному покиданию станции на основе виртуальной реальности (рис. 5) содержит не только 3D-модели, но и модели действий экипажа при парировании аварийной ситуации. Такой мобильный тренажер структурно включает в себя:

1. Набор виртуальных моделей:
 - СМ, ФГБ, СО1, МИМ1, МИМ2 российского сегмента МКС;
 - ТПК «Союз ТМА», ТГК «Прогресс М»;
 - европейского грузового корабля (АТV);
 - модулей американского сегмента МКС.
2. Набор циклограмм и сценариев проведения учебных занятий по авариям (пожар, разгерметизация).
3. Систему управления занятием.



Рис. 4. Компьютерный тренажер с использованием 3D-моделей научной аппаратуры



Рис. 5. Вариант мобильного тренажера по срочному покиданию МКС на основе виртуальной реальности

Экипаж во время занятий с тренажерами на основе виртуальной реальности может работать как с использованием экрана компьютера, КПК или планшета, так и выводить информацию на большой экран.

В ЦПК при проведении подготовки космонавтов и астронавтов используются полунатурные, компьютерные стационарные и мобильные тренажеры по отдельным режимам полета ТПК «Союз» (рис. 6) [2].



Рис. 6. Полунатурный (а), компьютерный стационарный (б) и компьютерный мобильный (в) тренажеры ТПК

Использование компьютерных (виртуальных) тренажеров представляет новые возможности в процессе подготовки космонавтов и астронавтов, а именно:

- отработку операций и режимов полета в процессе теоретических учебных курсов, включая самоподготовку космонавтов и астронавтов;
- повышение эффективности проведения учебных занятий за счет ускоренного моделирования этапов полета, выполнения полетных операций в различных масштабах времени;
- возможность практического рассмотрения основных отказов и НшС, включая сложные режимы полета ПКА в объеме времени, отводимом на данный курс подготовки;
- возможность проведения занятий инструктором, а также самоподготовки космонавтов без технического обслуживающего персонала за счет простоты эксплуатации данных ТСПК;
- возможность быстрой передислокации и развертывания данных тренажеров (например, проведение предстартовой подготовки экипажей на космодроме или их использование во время учебных сессий в НАСА или ЕКА).

Молодежный образовательный Космоцентр

В соответствии с планом развития ЦПК и системным проектом информатизации Роскосмоса создан молодежный образовательный Космоцентр на базе комплекса макетов долговременной орбитальной станции «Мир» [3].

Космоцентр представляет собой единый интегрированный программно-технический обучающий комплекс, предназначенный для реализации инновационных образовательных технологий при проведении занятий с космонавтами на этапе общекосмической подготовки, а также при обучении школьников и студентов.

Основным информационным решением Космоцентра является использование интегрированной обучающей среды (ИОС), которая обеспечивает реализацию инновационных подходов на всех этапах обучения космонавтов и персонала, в том числе:

- расширение учебных и педагогических возможностей за счет скоординированного предъявления обучаемым 2D-графики, текста, речи, аудио, видео Flash-анимации и 3D-графики по заранее подготовленным сценариям, что значительно повышает качество предоставления учебных материалов;
- подготовку и хранение на сервере ИОС учебно-методического материала в виде кадров обучающего, тестового и контролирующего материалов;
- предъявление учебно-методического материала обучаемым в виде интерактивного учебного занятия с возможностью вывода трех различных каналов видеoinформации на три экрана коллективного пользования (интерактивная доска и два видеопроектора) и использованием звуковых систем 5/1.
- фиксация результатов обучения, тестирования и контроля на сервере ИОС и пр.

Основной целью созданного на базе ЦПК Космоцентра является профессиональная ориентация молодежи для ракетно-космической отрасли, при этом отрабатываются новые методы, методики и способы подготовки космонавтов с использованием современных информационных технологий. Например, на базе Космоцентра отрабатываются 3D-модели научной аппаратуры, используемые для подготовки космонавтов. Ресурсы Космоцентра могут применяться и для других задач подготовки космонавтов.

Заключение

Современная концепция информатизации Роскосмоса требует совершенствования системы информационного обеспечения отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов, создания единого информационного пространства Центра подготовки космонавтов, перехода на электронные информационные ресурсы, введения новых форм информационного обеспечения деятельности космонавтов и специалистов ЦПК, создания компьютерных тренажеров на основе элементов виртуальной реальности, отработки новых методов и способов обучения с использованием современных информационных технологий. Информатизация космической отрасли является одной из важных задач инновационного развития промышленности России.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анализ подходов к совершенствованию информационного обеспечения комплексной подготовки космонавтов / А.А. Курицын [и др.] // Материалы VIII Международной научно-практической конференции: Сб. тезисов. – Звездный городок, 2009. – С. 57–59.
- [2] Пискунов А.А., Исупов П.В. Использование полунатурных, компьютерных стационарных и мобильных ТСПК при подготовке космонавтов по отдельным режимам полета ТПК / Материалы VIII Международной научно-практической конференции: Сб. тезисов. – Звездный городок, 2009. – С. 175–177.
- [3] Молодежный образовательный Космоцентр / О.В. Котов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2011. – № 2. – С. 155–166.
- [4] Облачные сервисы. Взгляд из России. Под ред. Е. Гребнева. – М.: CNews, 2011.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛУННОЙ ЭКСПЕДИЦИИ И РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКИПАЖА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МИССИЙ К ЛУНЕ

В.И. Ярополов

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

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

Ключевые слова: Луна, лунная экспедиция, экипаж, опасность, нестандартная ситуация, условия полета, особенности полета, конструкция пилотируемого лунного комплекса, способы борьбы с опасностями.

Analysis of Lunar Expedition Peculiarities and Proposals for Crew Safety During Flight to the Moon. V.I. Yaropolov

The article, basing on analysis of lunar expedition peculiarities, which influence on flight safety, identifies potential sources of new hazards and suggests ways to deal with them.

Keywords: the Moon, lunar expedition, crew, hazard, off-nominal situation, flight conditions, construction of a manned lunar complex, ways to deal with hazards.

Основная цель, которая ставилась при разработке этой статьи, состояла в том, чтобы проанализировать специфические опасности полета лунной 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 лунной пилотируемой экспедиции, а также других материалов, анализ специфики полета к Луне и Луны как планеты позволяют сделать вывод о том, что могут быть выделены следующие особенности лунной экспедиции, оказывающие влияние на обеспечение безопасности полета:

- особенности Луны;
- особенности условий полета на Луну и обратно;
- особенности конструкции пилотируемого лунного комплекса (ПЛК);
- особенности полета ПЛК;
- особенности, имеющие отношение к экипажу лунной экспедиции;
- особенности организации работ по обеспечению безопасности лунной экспедиции.

Указанные выше особенности лунной 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 лунной экспедиции, их последствий и способов борьбы с ними приведены в табл. 1.

Таблица 1

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

Особенности Луны

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Гористая поверхность с многочисленными кратерами ударного (метеоритного) происхождения	Большие неровности поверхности на выбранном месте посадки	Невозможность открытия люка (пандуса) на взлетно-посадочном комплексе (ВПК) для выхода из него лунохода	Обеспечение возможности небольшого перемещения ВПК с помощью «ног»
	Пересеченный рельеф местности на месте посадки ВПК	Невозможность наведения ВПК на жилой модуль (ЖМ) при отсутствии прямой видимости между ними в условиях пересеченного рельефа местности на местах нахождения ВПК и ЖМ	Использование космонавтами средств взаимного наведения ВПК и ЖМ в условиях отсутствия прямой видимости между ними Использование лунного орбитального корабля (ЛОК) для поиска ВПК (ЖМ)
		Отсутствие прямой видимости между ВПК и луноходом	Оснащение ВПК и лунохода средствами взаимного наведения в условиях отсутствия прямой видимости между ними

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Наличие на поверхности Луны слоя грунта, представляющего собой смесь тонкой пыли и скалистых обломков, толщиной от нескольких единиц до нескольких десятков метров при его средней плотности в пределах $0,8-1,8 \text{ г/см}^3$ и удельной теплопроводности значительно меньшей, чем у самых лучших теплоизоляционных материалов на Земле	Образование мелкозернистого облачно-пылевого облака (пыли) от работающих двигателей ВПК в процессе посадки на поверхность Луны	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Луны из-за невозможности выбора места посадки	Зависание ВПК на высоте, исключаящей образование облака пыли, с целью выбора места посадки
	Образование пылевого облака от падения метеоритов на поверхность Луны	Отсутствие визуального контакта с поверхностью Луны при посадке ВПК в результате образования пылевого облака	Зависание ВПК на высоте до исчезновения облака пыли Использование технических средств получения изображения подстилающей поверхности на месте посадки на поверхность Луны
Высокие абразивные свойства лунного грунта	Образование пылевого облака от падения метеоритов на поверхность Луны	Загрязнение иллюминаторов лунохода и ВПК пылью	Использование средств очистки иллюминаторов лунохода и ВПК
	Попадание лунной пыли в механизмы, находящиеся снаружи ВПК и лунохода, а также в подвижные соединения скафандров	Выход из строя механизмов, находящихся снаружи ВПК и лунохода, а также подвижных соединений скафандров	Предотвращение попадания лунной пыли в механизмы, находящиеся снаружи ВПК и лунохода, а также в подвижные соединения скафандров
Левитация лунной пыли во время лунного дня	Оседание лунной пыли на поверхности оборудования, находящегося на Луне	Нарушение нормального функционирования оборудования, находящегося на Луне	Очистка иллюминаторов ВПК и лунохода Удаление пыли с поверхностей солнечных батарей (СБ) и радиаторов Предотвращение попадания лунной пыли в механизмы, находящиеся снаружи ВПК и лунохода, а также в подвижные соединения скафандров

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Изменение температуры на поверхности Луны в зависимости от времени суток и времени года	Диапазон изменения температур на поверхности Луны от $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$	Недопустимое снижение температуры внутри ВПК	Использование обогревателей атмосферы жилых отсеков ВПК
		Недопустимое повышение температуры внутри ВПК	Разработка способов предотвращения недопустимого повышения температуры внутри ВПК
		Замерзание компонентов топлива (азотный тетроксид (АТ) при $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, несимметричный диметилгидразин (НДМГ) при $-57,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Использование обогревателей баков с топливом Использование в качестве компонентов топлива O_2 и CH_4
Пониженная гравитация на поверхности Луны	Ускорение силы тяжести на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на Земле	Нарушение координации движений космонавтов	Рациональное планирование деятельности экипажа на поверхности Луны Страховка членов экипажа, выполняющих внекорабельную деятельность (ВКД) Адаптация скафандра под условия работ на поверхности Луны
		Падение космонавта в скафандре при перемещении по поверхности Луны	Отработка самостоятельного подъема космонавта с поверхности Луны при падениях
		Космическая болезнь движения	Отбор для полета космонавтов, устойчивых к космической болезни движения Идентификация состояния космонавтов после посадки на поверхность Луны и его учет при выполнении дальнейших работ

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Наличие масконов ¹	При приближении ВПК к области маскона изменяется его ускорение	Затруднения в управлении ВПК при приближении к области маскона	Разработка системы автоматического управления ВПК с учетом наличия на Луне масконов
Большая удаленность Луны от Земли (в среднем 384 400 км)	Невозможность оперативного получения материальной помощи с Земли в нештатных ситуациях	Невозможность доставки на борт лунного 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 и приспособлений к нему с учетом всего возможного комплекса монтажных, юстировочных, ремонтных и диагностических работ Оснащение ПЛК специально оборудованным местом для проведения ремонта Обеспечение экипажа справочными материалами по бортовым системам и ПЛК в целом Создание гарантированных запасов расходных материалов и невозобновляемых ресурсов

¹ Маскон – гравитационная аномалия вблизи поверхности космического тела

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Прохождение радиосигнала с Земли в одну сторону – 1,28 с, туда и обратно – 2,56 с	Невозможность реализации с Земли эффективного управления ПЛК в целом и его составными частями в реальном масштабе времени	Реализация режимов управления ПЛК в целом и его составными частями, требующих управления в реальном масштабе времени, силами экипажа ПЛК
Низкая напряженность магнитного поля на Луне	Невозможность ориентации с использованием магнитного поля Луны при перемещениях по поверхности Луны	Невозможность возвращения члена экипажа в ВПК в случае отсутствия прямой видимости ВПК	Обеспечение членов экипажа, совершающих перемещение по поверхности Луны, средствами поиска ВПК Использование ЛОК для поиска ВПК Использование средств позиционирования, размещенных на орбите искусственного спутника Луны (ОИСЛ)
	Отсутствие защиты космонавтов магнитным полем Луны от космических излучений	Получение экипажем недопустимой дозы радиации	Наземный прогноз радиационной обстановки Оснащение ВПК средствами коллективной защиты от радиации, средствами радиометрического и дозиметрического контроля, фармакологическими препаратами Оснащение экипажа средствами индивидуальной защиты от 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 Луны в скафандре Использование лунного грунта для радиационной защиты персонала лунных баз

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	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 Луны
	Снижение сопротивляемости организма космонавтов заболеваниям	Повышение уровня заболеваемости космонавтов примерно на 40 %	Обеспечение экипажа средствами повышения устойчивости организма к заболеваниям
Отсутствие озонового слоя вокруг Луны	Мощное ультрафиолетовое излучение Солнца на поверхности Луны	Получение космонавтами ожогов ультрафиолетовым излучением Солнца	Обеспечение защиты космонавтов от воздействия ультрафиолетового излучения Солнца
Большая кривизна поверхности Луны из-за ее малого радиуса (0,273 от земного)	Малая дальность радиосвязи	Потеря связи членов экипажа, совершающих перемещение по поверхности Луны, с космонавтами, находящимися в ВПК	Ведение радиосвязи с помощью ретрансляции (через ЛОК или Землю)
Однообразность ландшафта Луны	Малое число объектов, которые могут служить ориентирами	Невозможность возвращения члена экипажа в ВПК	Обеспечение членов экипажа, совершающих перемещение по поверхности Луны, средствами поиска ВПК Использование ЛОК для поиска ВПК Использование средств позиционирования, размещенных на ОИСЛ
Отсутствие земных аналогов среди элементов лунной обстановки	Невозможность глазомерного определения расстояния до места прилунения	Авария или катастрофа при прилунении	Отработка навыков глазомерного определения расстояния до места «прилунения» Оснащение ВПК техническими средствами определения расстояния до места «прилунения»

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Отсутствие у Луны атмосферы	Невозможность использования средств аэродинамического торможения при посадке на поверхность Луны	Авария или катастрофа при прилунении	Оснащение ВПК двигательной установкой для обеспечения его посадки на поверхность Луны
Наличие большого числа кратеров малого диаметра (на 100 км ² насчитывается более 8000 кратеров диаметром от 2 до 16 м) с относительной глубиной (отношением глубины к диаметру) в пределах 0,13–0,26	Большой наклон поверхности на выбранном месте посадки	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Луны	Выбор места посадки ВПК в районах, где отсутствуют кратеры малого диаметра
	Задевание за вал кратера в процессе посадки на поверхность Луны	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Луны	Выбор места посадки ВПК в районах, где отсутствуют кратеры малого диаметра Изменение траектории движения ВПК в процессе его посадки на поверхность Луны
Большая высота валов вокруг кратеров (до 2200 м)	Возможность столкновения ВПК с валом кратера при посадке на поверхность Луны	Катастрофа при посадке на поверхность Луны	Выбор места посадки ВПК в районах, где исключается возможность его столкновения с валом кратера Изменение траектории движения ВПК в процессе его посадки на поверхность Луны
Большой наклон склонов кратеров (до 40 град)	Большой наклон поверхности на выбранном месте посадки	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Луны	Изменение места посадки в ходе спуска на поверхность Луны Включение космонавтов в контур управления при спуске на поверхность Луны Обеспечение возможности наблюдения космонавтами места посадки Изменение длины «ног» ВПК

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
		Невозможность открытия люка (пандуса) на ВПК для выхода из него лунохода	Использование телескопических опор для оперативного выравнивания корпуса ВПК Осуществление выхода лунохода через резервный люк
Наличие на поверхности Луны обрывистых разломов (трещин) шириной до сотен метров	Возможность посадки ВПК на край разлома (трещины)	Падение ВПК в разлом (трещину)	Выбор места посадки ВПК в районах, где отсутствуют разломы (трещины) Изменение космонавтом места посадки в ходе спуска на поверхность Луны
Наличие на лунной поверхности горных цепей высотой до 6 км	Возможность столкновения ВПК с горой при посадке на поверхность Луны	Катастрофа при посадке на поверхность Луны	Выбор места посадки ВПК в районах, где исключается возможность его столкновения с горами
Большая длительность лунной ночи (14 земных суток)	Невозможность использования излучения Солнца для обеспечения электроэнергией лунной базы	Проблемы энергоснабжения и освещения жилой зоны лунной базы	Создание запасов электроэнергии в течение лунного дня Использование на лунной базе ядерных источников электроэнергии
	Невозможность использования излучения Солнца для обеспечения электроэнергией ВПК	Дефицит электроэнергии в процессе пребывания ВПК на поверхности Луны	Выбор дневного времени для пребывания ВПК на поверхности Луны

Продолжение таблицы 1

Особенности условий полета на Луну и обратно

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Крупногабаритный космический мусор в околоземном пространстве	Столкновение с объектами искусственного происхождения (ОИП) в процессе полета по околоземной орбите	Разрушение или разгерметизация корпуса ПЛК	<p>Прогнозирование возможности столкновения с использованием наземных средств</p> <p>Выполнение маневра уклонения от столкновения с ОИП</p> <p>Выбор околоземных орбит движения ПЛК, минимизирующих вероятность столкновения с ОИП</p> <p>Установка защиты от столкновения с малогабаритными ОИП</p>
Метеоритный поток, малогабаритные ОИП	Пробой корпуса ПЛК	Разгерметизация корпуса ПЛК	<p>Защита ПЛК от ударов метеоритов и малогабаритных ОИП</p> <p>Оснащение ПЛК средствами поиска и заделки места пробоя</p> <p>Обеспечение возможности доступа к любому месту корпуса ПЛК как изнутри, так и снаружи его</p> <p>Создание запасов воздуха для наддува отсеков после заделки пробоя</p>
	Разрушение и эрозия солнечных батарей (СБ), имеющих тонкопленочную структуру (0,5–0,7 мкм)	Потеря мощности СБ	<p>Защита поверхности СБ</p> <p>Резервирование СБ по мощности</p>
Гелиогеофизическое воздействие	Электризация поверхности ПЛК и грузового лунного корабля (ГЛК)	Выход из строя электронных систем	<p>Защита поверхности ПЛК и ГЛК от электризации</p> <p>Выбор времени старта и полета ПЛК с учетом активности Солнца</p>

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Радиационные пояса Земли	Облучение экипажа	Получение экипажем недопустимой дозы радиации	Обеспечение быстрого прохождения ПЛК радиационных поясов Земли Оснащение экипажа средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации
Галактическое излучение	Облучение космонавтов	Получение космонавтами недопустимой дозы радиации	Оснащение ПЛК и его составных частей средствами радиометрического и дозиметрического контроля, фармакологическими препаратами Оснащение экипажа средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации Использование лунного грунта для радиационной защиты персонала лунных баз
Корпускулярное излучение солнечных вспышек	Облучение космонавтов	Получение космонавтами недопустимой дозы радиации	Наземный прогноз радиационной обстановки Выбор времени старта и полета ПЛК с учетом активности Солнца Оснащение ПЛК и его составных частей средствами радиометрического и дозиметрического контроля, фармакологическими препаратами Оснащение экипажа средствами индивидуальной и коллективной защиты от радиации Использование лунного грунта для радиационной защиты персонала лунных баз
Полет по орбите искусственного спутника Луны на высотах 15 ... 100 км для определения точки посадки	Отличие подстилающей поверхности и орбитальной скорости от условий полета на орбите искусственного спутника Земли (ОИСЗ)	Ошибки управления ПЛК экипажем	Отработка навыков управления ПЛК в условиях подстилающей поверхности и орбитальной скорости на ОИСЗ

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Возможность посадки возвращаемого аппарата на протяжении половины лунного месяца только в южном полушарии Земли	Большая вероятность посадки в морской (океанской) акватории	Длительное время пребывания экипажа в морской (океанской) акватории без оказания помощи извне	Оснащение возвращаемого аппарата (ВА) средствами пеленгования места посадки Обеспечение экипажа средствами связи с поисково-спасательным комплексом Включение в состав поисково-спасательного комплекса флотилии для несения дежурства в морской (океанской) акватории в местах возможной посадки ВА и обеспечения поиска и подъема на борт корабля ВА и экипажа Оснащение экипажа средствами обеспечения его выживания в условиях морской (океанской) акватории
Невозможность срочного прекращения полета и возвращения на Землю	Возникновение серьезных травм и болезней	Гибель членов экипажа	Отбор в экипаж космонавтов, у которых отсутствуют заболевания, которые могут обостриться в космическом полете Принятие конструктивных мер, минимизирующих число возможных аварийных ситуаций в процессе полета ПЛК Обеспечение экипажа средствами выхода из аварийных ситуаций, связанных с состоянием здоровья космонавтов

Особенности конструкции пилотируемого лунного комплекса

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Использование посадочных опор на ВПК	Нераскрытие посадочных опор на ВПК	Опрокидывание ВПК при посадке на поверхность Луны	Исключение возможности отказа одновременно более одной опоры
		Ударная перегрузка ВПК при посадке на поверхность Луны	Использование двигателей мягкой посадки
		Невозможность открытия люка (пандуса) на ВПК для выхода из него лунохода	Изменение способа выхода лунохода из ВПК (изменение места расположения люка на ВПК)

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Использование разгонных блоков в составе ПЛК	ПЛК не оснащены системами стыковки с разгонными блоками	Отсутствие возможности доставки экипажей к Луне и возвращения их на Землю	Дооснащение ПЛК системами стыковки с разгонными блоками
Использование лунохода	Отказ лунохода для передвижения экипажа из ВПК в ЖМ	Невозможность длительного пребывания космонавтов на Луне	Разработка альтернативного способа перемещения экипажа из ВПК в ЖМ
	Отказ лунохода для передвижения экипажа из ЖМ в ВПК	Невозможность покидания экипажем Луны	Разработка альтернативного способа перемещения экипажа из ЖМ в ВПК

Особенности полета пилотируемого лунного комплекса

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Старт ПЛК с ОИСЗ на орбиту полета к Луне	Несвоевременное выключение двигательной установки разгонного блока при переходе с ОИСЗ на орбиту полета к Луне	Вывод ПЛК на нерасчетную орбиту со следующими последствиями: невозможность вывода ПЛК на ОИСЛ; возможность столкновения ПЛК с Луной	Разработка мер, исключающих выдачу нерасчетного импульса двигательной установкой ПЛК Разработка мер, обеспечивающих выдачу двигательной установкой ПЛК дополнительного импульса
	Непрохождение отделения разгонного блока от ПЛК	Невозможность выполнения дальнейшей программы полета	Обеспечение аварийного отделения разгонного блока от ПЛК
Полет по орбите Земля–Луна	Невыполнение требуемой коррекции орбиты ПЛК	Невозможность вывода ПЛК на ОИСЛ	Разработка мер, исключающих невыполнение требуемой коррекции орбиты ПЛК

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Перевод ПЛК на ОИСЛ	Несвоевременное выключение тормозной двигательной установки ПЛК при переходе с орбиты полета к Луне на ОИСЛ	Вывод ПЛК на нерасчетную орбиту со следующими последствиями: невыход ПЛК на расчетную ОИСЛ; возможность столкновения ПЛК с Луной; выход ПЛК на орбиту возврата к Земле	Разработка мер, исключающих выдачу нерасчетного импульса двигательной установкой ПЛК Разработка мер, обеспечивающих выдачу двигательной установкой ПЛК дополнительного импульса
Спуск ВПК с ОИСЛ на поверхность Луны	Непрохождение отделения ВПК от ПЛК	Невозможность выполнения дальнейшей программы полета	Обеспечение аварийного отделения ВПК от ПЛК
	Несвоевременное выключение тормозной двигательной установки при спуске ВПК с ОИСЛ на поверхность Луны	Вывод ВПК на нерасчетную орбиту со следующими последствиями: невыход ВПК на траекторию посадки на поверхность Луны; возможность столкновения ВПК с Луной	Разработка мер, исключающих выдачу нерасчетного импульса двигательной установкой ВПК
Посадка ВПК на поверхность Луны	Отказ тормозной двигательной установки ВПК в процессе прилунения	Столкновения ВПК с Луной	Резервирование тормозной двигательной установки ВПК, работающей в процессе прилунения
Доставка грузов с поверхности Луны на ЛОК	Нарушение центровки ВМ	Ошибки выведения ВМ на ОИСЛ, перерасход топлива	Обеспечение экипажа указаниями с Земли по укладке грузов в ВМ Оснащение ВМ расчетными программами для ЭВМ по центровке грузов
	Попадание лунной пыли в атмосферу ВМ	Нарушение условий пребывания экипажа в ВМ	Оснащение ВМ средствами очистки грузов от пыли Герметизация грузов, взятых с поверхности Луны

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Старт ВМ с поверхности Луны	Отсутствие традиционной стартовой системы	Невозможность стыковки ВМ с ЛОК из-за ошибок выведения по элементам орбиты, особенно в случае аварийного старта с поверхности Луны	Обеспечение навигационной привязки места старта, выставления положения ВМ для пуска, определения стартового окна
	Невыполнение выведения ВМ на ОИСЛ	Гибель экипажа	Разработка мер, исключающих выдачу нерасчетного импульса двигательной установкой ВМ
Выведение ВМ на ОИСЛ	Разлетание грузов по ВМ	Создание помех выполнению экипажем жизненно важных операций	Оснащение ВМ средствами фиксации грузов
Сближение и стыковка ВМ с ЛОК	Срыв операции сближения ВМ с ЛОК	Гибель экипажа	Функциональное резервирование выполнения операции сближения ВМ с ЛОК Резервирование автоматического контура режимом ручного сближения
	Непрохождение стыковки ВМ с ЛОК	Гибель экипажа	Разработка мер, исключающих невыполнение операции стыковки ВМ с ЛОК
	Невозможность перехода космонавтов из ВМ в ЛОК после стыковки	Гибель экипажа	Разработка мер, исключающих невыполнение операции открытия переходного люка между ВМ и ЛОК
Подготовка к старту ВМ+ЛОК с ОИСЛ к Земле	Выход из строя системы связи с Землей	Невозможность ввода Центром управления полетами (ЦУП) уставок для выдачи импульса двигательной установкой разгонного блока с целью перехода с ОИСЛ на орбиту полета к Земле	Обеспечение возможности расчета и ввода экипажем уставок для выдачи импульса двигательной установкой разгонного блока с целью перехода с ОИСЛ на орбиту полета к Земле
Старт ВМ+ЛОК с ОИСЛ к Земле	Непрохождение отделения ВМ от ЛОК	Невозможность возвращения экипажа на Землю	Обеспечение аварийного отделения ВМ от ЛОК

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Несвоевременное выключение двигательной установки разгонного блока при переходе с ОИСЛ на орбиту полета к Земле	Вывод ЛОК на нерасчетную орбиту со следующими последствиями: невыход ЛОК на траекторию посадки на поверхность Земли; возможность столкновения ЛОК с Землей	Разработка мер, исключающих выдачу нерасчетного импульса двигательной установкой разгонного блока Выполнение экипажем расчета параметров «нерасчетной» орбиты, параметров корректирующего импульса, выдача дополнительного (корректирующего) импульса Получение с Земли результатов расчета параметров «нерасчетной» орбиты, параметров корректирующего импульса, выдача экипажем дополнительного (корректирующего) импульса
Полет по орбите Луна–Земля	Невыполнение требуемой коррекции орбиты ЛОК	Невозможность вывода ЛОК на ОИСЗ	Разработка мер, исключающих невыполнение требуемой коррекции орбиты ЛОК
	Непрохождение отделения ВА от ЛОК	Гибель экипажа	Обеспечение аварийного отделения ВА от ЛОК
Возвращение на Землю со второй космической скоростью и с двух-этапным вхождением в атмосферу Земли	Риск нерасчетных посадок с большими ошибками по расстоянию	Трудность осуществления поисково-спасательных работ	Оснащение ВА средствами пеленгования места посадки Обеспечение экипажа средствами связи с поисково-спасательным комплексом

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Угол входа ВА в атмосферу более 7° (возможность ВА «зарыться» в атмосферу и испытать опасные перегрузки в 20 g и более)	Возможность травмирования или гибели членов экипажа	Отбор в экипаж космонавтов, успешно переносящих воздействие перегрузок 20 g в направлении грудь–спина Учет реального состояния атмосферы Земли, изменяющегося в результате гелиогеофизического воздействия на нее
	Угол входа ВА в атмосферу менее 7° (проскок ВА атмосферы и уход на высокоэллиптическую орбиту)	Невозможность посадки ВА на Землю	Учет реального состояния атмосферы Земли в результате гелиогеофизического воздействия на нее
	Возможность возникновения перегрузок, превышающих 10 g	Возможность травмирования или гибели членов экипажа	Отбор в экипаж космонавтов, успешно переносящих воздействие перегрузок 10 g в направлении грудь–спина
	Зависимость состояния атмосферы вокруг Земли (ее плотности на разных высотах) от солнечной активности	Разрушение (полное или частичное) корпуса ВА в результате теплового и силового воздействия на него при входе в атмосферу Земли	Выбор даты посадки, соответствующей благоприятному состоянию солнечной активности Применение теплозащитных материалов, обеспечивающих целостность ВА в критических зонах движения
Приводнение в океане	Невозможность оперативного оказания помощи экипажу	Длительное время пребывания экипажа в морской (океанской) акватории без оказания помощи извне	Оснащение спускаемого аппарата (СА) средствами пеленгования места посадки Обеспечение экипажа средствами связи с поисково-спасательной службой (ПСС) Включение в состав ПСС флотилии для несения дежурства в морской (океанской) акватории в местах возможной посадки ВА и обеспечения поиска и подъема на борт корабля ВА и экипажа Оснащение экипажа средствами обеспечения его выживания в условиях морской (океанской) акватории

Продолжение таблицы 1

Особенности, имеющие отношение к экипажу лунной экспедиции

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Комплектование экипажа ПЛК представителями разных стран – партнеров по проекту	Разный менталитет членов экипажа	Возникновение конфликтов в экипаже	Создание условий для постоянного бытового общения членов экипажа 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 (Правил урегулирования конфликтов) Комплектование экипажа членами одной страны
	Языковой барьер	Замедленное выполнение действий в условиях дефицита времени аварийной ситуации, недостаточные взаимопонимание и согласованность действий в экипаже	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 экипажей разных международных партнеров

Особенности организации работ по обеспечению безопасности лунной экспедиции

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
Международный характер подготовки и реализации экспедиции на Луну	Разные концепции обеспечения безопасности у международных партнеров	Снижение уровня обеспечения безопасности проекта	Разработка и принятие международными партнерами единой концепции обеспечения безопасности

Продолжение таблицы 1

Особенность	Опасность	Последствия	Способы борьбы
	Несогласованные действия международных партнеров по обеспечению безопасности	Неустранимые неблагоприятные факторы в элементах проекта и в проекте в целом	<p>Определение ответственности международных партнеров за решение вопросов обеспечения безопасности</p> <p>Создание коллективного органа управления обеспечением безопасности с участием всех международных партнеров</p>
	Разные подходы международных партнеров к организации и методическому обеспечению работ в области обеспечения безопасности	Несовместимость числовых и качественных характеристик безопасности, технических и технологических решений	<p>Обеспечение единого для международных партнеров подхода к организации и методическому обеспечению работ в области обеспечения безопасности</p> <p>Введение единой для международных партнеров системы терминов, понятий и определений в области обеспечения безопасности</p> <p>Разработка единой для международных партнеров системы нормативно-технической документации по обеспечению безопасности</p> <p>Обеспечение совместимости технических и технологических решений международных партнеров при решении вопросов обеспечения безопасности</p>
	Подготовка космонавтов на базах разных международных партнеров	Неполная по объему или недостаточная по уровню подготовка космонавтов	<p>Обеспечение цельности программы подготовки космонавтов к действиям в нештатных ситуациях с учетом участия в ней нескольких международных партнеров</p> <p>Введение единого порядка сертификации международными партнерами космонавтов по вопросам готовности их к действиям в нештатных ситуациях космического полета</p>

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гаврюченков Ю.Ф. Лунные базы великой Америки // Журнал «Самиздат». – 2009.
- [2] Гордеев Г. Нужна ли Луна России. Тайны XX века. – № 31. – август 2007. – С. 4–5.
- [3] Зеленый Л.М. Марс, Луна, Юпитер, Венера – таков план России по освоению космических пространств на ближайшие десятилетия. Газета.ру, 03.04.2011.
- [4] Зеленый Л.М. Пребывание на Луне опасно, но использовать ее придется // «Коммерсантъ Наука». – № 7 (7). – 2011.
- [5] Кобелев В.Н., Поляков А.П. О полетах на Луну. Прошлых и будущих. Программа МКС – «Союз ТМА-10», Федеральное космическое агентство, 2007. – С. 93–104.
- [6] Кобелев В.Н., Поляков А.П. О полетах на Луну. Прошлых и будущих. Программа МКС – «Союз ТМА-11», Федеральное космическое агентство, 2007. – С. 115–120.
- [7] Коротеев А.С. Актуальные задачи в космонавтике XXI века. Доклад на первом Международном специализированном симпозиуме «Космос и глобальная безопасность человечества», 05.11.2009.
- [8] Космонавтика XXI века. Попытка прогноза развития до 2101 года. Под ред. акад. РАН Б.Е. Чертока. – М.: Издательство «РТСофт», 2010. – 864 с.
- [9] Лебедев В.В. Миссия человека в космосе // Советская Россия. – 17 июня. – 2008.
- [10] Лисов И. У США нет денег на Луну? // Новости космонавтики. – 2009.
- [11] Лопота В.А. Космическая миссия поколений XXI века // Полет. – № 7. – 2010. – С. 3–12.
- [12] Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди. – Москва: РТСофт, 2005. – 752 с.
- [13] Полищук Г. Виды на Луну // Российский космос. – № 3. – 2007. – С. 26–30.
- [14] Циблий В.В., Наумов Б.А., Сосюрка Ю.Б., Крючков Б.И., Каспранский Р.Р., Щербатов М.В., Ярополов В.И. Некоторые подходы к подготовке полета человека на Луну. 42-е Научные чтения памяти К.Э.Циолковского, 2007.
- [15] Циблий В.В., Наумов Б.А., Сосюрка Ю.Б., Крючков Б.И., Каспранский Р.Р., Щербатов М.В., Ярополов В.И. О подготовке человека к полету на Луну. XXXIV Международные общественно-научные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина, 9–12 марта 2007.
- [16] Циблий В.В., Наумов Б.А., Сосюрка Ю.Б., Крючков Б.И., Каспранский Р.Р., Щербатов М.В., Ярополов В.И. Программы подготовки человека к полету на Луну. Сборник тезисов докладов 7-й Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 14–15 ноября 2007 года, Звездный городок, Московская область, Российская Федерация. – С. 9–10.
- [17] Циблий В.В. Общие подходы к подготовке экипажей лунных программ. Moon Base Workshop, Москва, 16–17 ноября 2006.
- [18] SSP 30599. Порядок проведения экспертизы безопасности. Программа МКС.
- [19] SSP 50146. Двухсторонние требования НАСА/РКА к процессу обеспечения безопасности и успешности полета МКС. Программа МКС.

МОЛОДЕЖНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОСМОЦЕНТР



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

**ВЫБОР И СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ
ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
МЕГАВАТТНОГО КЛАССА ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПОЛЕТОВ**
Ю.В. Кубарев, К.П. Кирдяшев, В.А. Смирнов

Докт. физ.-мат. наук, профессор, вице-президент и действительный член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки РФ, член Международной ассоциации авторов научных открытий, почетный профессор Шанхайской аэрокосмической академии Ю.В. Кубарев (МГУПИ)

Докт. физ.-мат. наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР К.П. Кирдяшев (Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН)

Докт. техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР В.А. Смирнов (ФГУП НПП «Торий»)

В работе рассматривается несколько типов электрореактивных двигателей (ЭРД): ионный (ИД), стационарный плазменный двигатель (СПД), двигатель с анодным слоем (ДАС) и магнитоплазодинамический (МПДД). Оценивается возможность их использования в качестве основы двигателей мегаваттного класса для межпланетных космических полетов. Учитываются их конструктивные особенности, способность работать в стационарном, частотном, ВЧ и СВЧ разрядах, возможность управления вектором тяги и удельным импульсом и т.д. С учетом опубликованных данных, стендовых и натурных космических экспериментов, личного вклада и опыта работы авторов в развитии физики и техники плазмы, ВЧ и СВЧ техники, создании и исследовании различных типов ЭРД, делается вывод о целесообразности и невозможности создания ЭРД мегаваттного класса на основе ионных и холловских двигателей. Предпочтение отдается МПДД, впервые в мире предложенным и испытанным в СССР одним из авторов статьи.

Ключевые слова: пилотируемые полеты на Марс, электрореактивные двигатели, плазма, магнитоплазодинамический ускоритель, ионный двигатель, стационарный плазменный двигатель, вектор тяги, удельный импульс, ВЧ и СВЧ разряд.

Selection and Status of the Development of Megawatt-Class Electrojet Engines for Future Interplanetary Missions. Yu.V. Kubarev, K.P. Kirdyashev, V.A. Smirnov

The paper considers the following types of electrojet engines: an ion thruster, stationary plasma thruster, thruster with anode layer, magnetoplasmodynamic thruster. The possibility of the use of these thrusters as a frame for megawatt-class engines to perform interplanetary missions is evaluated here. The features of their structure, capability to work in the stationary discharge, frequency discharge, HF discharge, and microwave discharge, and their capability to control a thrust vector and specific impulse, etc. are taken into account. Considering the published data, the results of bench and full-scale space experiments, personal contribution of the authors in the development of plasma physics and technology, high-frequency and microwave technology, designing and testing different types of electrojet engines it is concluded that the creation of a megawatt-class electrojet engine on the base of the ion and Hall thrusters is inexpedient and impossible. The preference is given to magnetoplasmodynamic thrusters, first proposed and tested in the USSR by one of the authors.

Keywords: manned missions to Mars, electrojet engines, plasma, magnetoplasmodynamic accelerator, ion thruster, stationary plasma thruster, thrust vector, specific impulse, HF discharge, microwave discharge.



На снимке (слева направо): лауреаты Государственной премии СССР профессора К.П. Кирдяшев, Ю.В. Кубарев, В.А. Смирнов у электровакуумного стенда с магнитоплазодинамическими ускорителями, испытанными в космосе

Введение

Еще до первого в мире полета человека вокруг земного шара, совершенного Юрием Алексеевичем Гагариным 12 апреля 1961 года, и задолго до посещения американскими астронавтами Луны в 1969 года, Сергеем Павловичем Королёвым была начата разработка и реализация программы пилотируемой экспедиции на Марс. Ее связывали тогда с созданием мощных жидкостных ракетных двигателей, если до намеченного срока старта – 8 июня 1971 года – не удастся создать электрореактивные двигатели необходимой мощности, работающие от солнечных или ядерных источников электропитания [1–6]. Реализовать проект тогда не удалось, помешала «лунная гонка» [2].

НПО «Энергия», ЦНИИмаш, НИИТП (Центр Келдыша) и другие организации разработали несколько марсианских проектов с использованием жидкостных, плазменных и ядерных двигателей. Однако ядерный и электрореактивный двигатели мегаваттного класса, необходимые для пилотируемых марсианских полетов, в силу научных и технических сложностей, политических и экономических событий до настоящего времени в мире не созданы.

Создание и исследование ЭРД, основанных на различных схемах и механизмах ускорения заряженных частиц и плазмы, проводились за рубежом и в СССР во многих организациях нескольких ведомств [1–19].

В 1991 году шесть исследователей, в том числе и два автора настоящей статьи, были удостоены Государственной премии СССР за разработку физических основ ускорителей плазмы [3].

С учетом материалов этой Госпремии в статье «Полеты на Марс, электрореактивные двигатели настоящего и будущего», опубликованной в 2006 году, сделан обзор существующих и разрабатываемых ЭРД разных типов [3], схемы которых с указанием фамилий авторов, приведены на рисунках 1–7.

Двигатели без внешнего магнитного поля

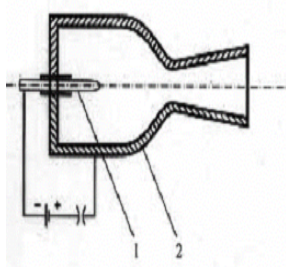


Рис. 1. Импульсный электротермический двигатель (ЭТД):
1 – катод; 2 – анод
(СССР, В.П. Глушко, 1929 г.)

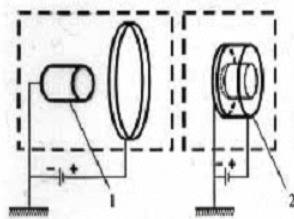


Рис. 2. Сильноточный ускоритель торцевой и аксиальной конфигурации (ТСД), магнитоплазменный двигатель (МПД): 1 – катод; 2 – анод (ФРГ, Меккер, 1955 г.)

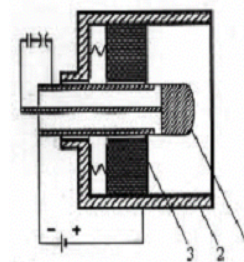


Рис. 3. Импульсный плазменный двигатель (ИПД): 1 – катод; 2 – анод
(США, Бостик, 1956 г.)

Двигатели с внешним магнитным полем

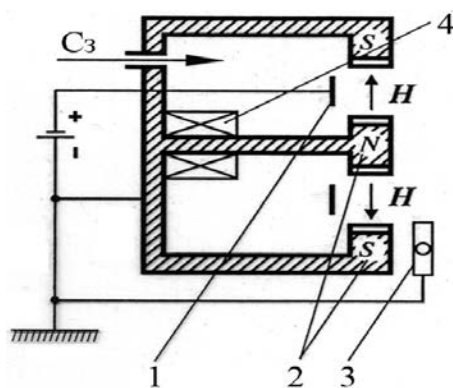


Рис. 4. Ускоритель с анодным слоем (ДАС):
1 – анод; 2 – катод;
3 – нейтрализатор; 4 – соленоид
(СССР, А.В. Жаринов, 1956 г.)

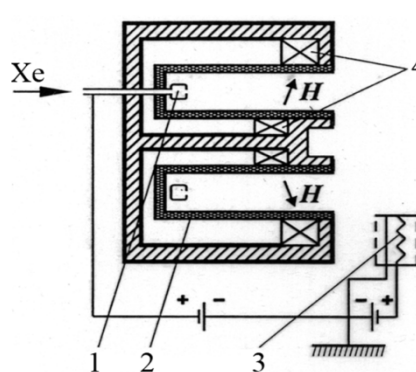


Рис. 5. Стационарный плазменный двигатель (СПД): 1 – анод; 2 – стенки диэлектрические; 3 – нейтрализатор; 4 – соленоиды
(США, Зальц и др., 1962 г.
СССР, А.И. Морозов, 1965 г.)

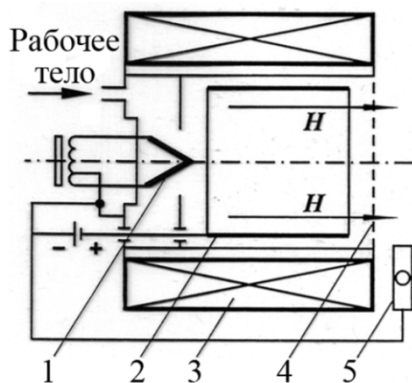


Рис. 6. Плазменно-ионный двигатель (ПИД): 1 – анод; 2 – катод; 3 – соленоид; 4 – ускоряющая сетка; 5 – нейтрализатор (США, Кауфман, 1955 г.)

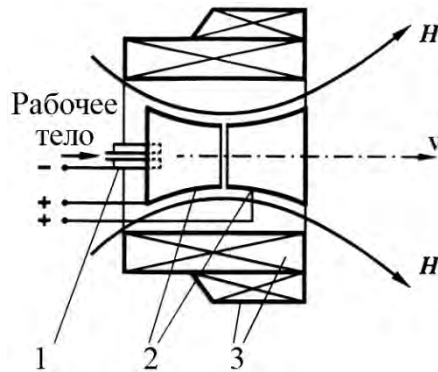


Рис. 7. Магнитоплазодинамический ускоритель (МПДУ), он же – двигатель (МПДД): 1 – катод; 2 – аноды; 3 – соленоиды (СССР, Ю.В. Кубарев, 1958 г.)

Почти все эти двигатели, использующие различные рабочие вещества, прошли летные испытания, но многие не пригодны для создания на их основе «марсианских» двигателей.

В СССР и США долгое время в качестве основы мощных маршевых двигателей рассматривались системы, изображенные на рис. 2 и рис. 7. Отсутствие бортовых мегаваттных источников электроэнергии, возникшие научные и технические трудности, экономические и политические события в мире и стране прервали их создание и исследование в нашей стране.

В настоящее время наиболее разработанным и единственным штатным двигателем в России стал ускоритель с протяженной зоной ускорения (УЗДУ), он же – стационарный плазменный двигатель (СПД, рис. 5), основанный на видоизмененной схеме двигателя с анодным слоем (ДАС, рис. 4). Это тоже двигатели ионного типа, но не с электростатическим, а с электромагнитным ускорением ионов, которые после компенсации их зарядов электронами также позволяют получать потоки высокоскоростной разреженной плазмы при концентрации частиц $n_i \leq 10^{10} - 10^{11} \text{ см}^{-3}$.

Эти двигатели, созданные А.В. Жариновым и А.И. Морозовым, удостоенные в 1991 году Государственной премии СССР, в последнее время в Центре Келдыша стали называть холловскими [7], поскольку важную роль в них играет ток Холла, существующий во всех двигателях, имеющих внешнее магнитное поле.

В 2002 году группа создателей СПД, в основном сотрудников ОКБ «Факел», была удостоена Государственной премии России «За достижения в области разработки и внедрения электрореактивных двигателей для повышения ресурса космических аппаратов» [9].

Вскоре после публикации статьи «Полеты на Марс, электрореактивные двигатели настоящего и будущего» вышла книга «Пилотируемая экспедиция на Марс» [6]. В ней вновь поднимался ряд важных научно-технических проблем, однако кроме исторических ошибок [2] содержатся еще спорные, ошибочные или необоснованные утверждения, касающиеся весовых характеристик элементов системы, например, баков для рабочего тела, вес которых резко занижен, и др. Но самое главное – не обоснован выбор ионных двигателей в качестве основы мощ-

ных ЭРД [6, 7, 10, 11]. Затем появился ряд статей и интервью руководителей и основных разработчиков марсианских проектов, из содержания которых видно, что в нем пишут то об СПД с ошибочным описанием физических процессов [10], то об ионном двигателе [11], но вместо него приводят фотографии СПД, присваивают себе первооткрывательство давно известных фактов, касающихся, например, выбора рабочих тел и др.

В США в марсианских проектах, начиная с 80-х годов прошлого столетия, основное внимание уделяется магнитоплазменному двигателю с управляемым удельным импульсом (VAZIMR), разрабатываемому под руководством астронавта, доктора физики Ф.Р. Чанг-Диаса [3, 16].

Этот двигатель, работающий на водороде, а в последнее время – на азоте и аргоне, основан на создании плазмы с концентрацией ионов $n_i \geq 10^{11} \text{ см}^{-3}$ с помощью ВЧ и СВЧ методов и тепловом ускорении ее в осесимметричном неоднородном магнитном поле. Ранее НАСА неоднократно сообщало о предполагаемом в 2004 году запуске на околоземной орбите двигателя VAZIMR мощностью $\sim 10 \text{ кВт}$, который так и не был осуществлен. В последнее время – о намеченном на 2013–2014 годы запуске на МКС связки из двух двигателей общей мощностью $\sim 200 \text{ кВт}$ [16]. Лучший в США штатный ЭРД – ионный двигатель NSTAR мощностью $\sim 2,3 \text{ кВт}$, основанный на схеме, изображенной на рис. 6, не рассматривается там в качестве основы двигателей марсианского экспедиционного комплекса.

В последние годы в России академиком РАН А.С. Коротеевым предлагается создать в качестве электрореактивной двигательной установки мегаваттного класса связку из нескольких сотен ионных двигателей [6, 11]. Для этого необходимо в двигательной установке использовать ионные двигатели мощностью 25–50 кВт каждый в количестве $500 \div 300$ экземпляров, которых в настоящее время в мире нет [3, 6, 11]. Существующие у нас маломощные модели двигателей по многим параметрам уступают ионным двигателям, разработанным в США, Японии, Германии [7].

Затем появился проект создания транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки (ЯЭРДУ) мегаваттного класса, в котором предлагается использовать СПД – холловский ЭРД мощностью $\sim 100 \text{ кВт}$. На транспортном модуле предполагается иметь два типовых двигательных модуля, т.е. 12 ЭРД. Ожидается, что его реализация поможет освоению космического пространства и подготовке пилотируемой экспедиции на Марс. Таких двигателей в мире тоже нет.

Прежние и новые публикации подтвердили наше мнение, что создание мощных ионных и холловских двигателей практически нереализуемо и нецелесообразно по причинам, изложенным в настоящей статье.

На протяжении ряда лет об этом говорилось в выступлениях на различных конференциях, в статьях, интервью [24–27]. В устном и письменном виде сообщалось руководству Роскосмоса, что ионные и холловские двигатели не пригодны для этой цели; что основой двигателя мегаваттного класса в настоящее время может являться только магнитоплазодинамический ускоритель МПДУ (рис. 7), созданный и впервые испытанный в России и в мире в 1958 году Ю.В. Кубаревым [28], защищенный в НИИТП (1963 г.) первыми авторскими свидетельствами на изобретения [30–33].

Магнитоплазодинамический ускоритель (двигатель) с управляемыми вектором тяги и удельным импульсом, работающий в стационарном, импульсном, частотном, ВЧ и СВЧ режимах [3, 38], обладает многими особенностями [32, 42–50],

отсутствующими у других двигателей, изображенных на рисунках 1–6, в том числе и у VASIMR [3, 16].

Результаты лабораторных исследований и натурных испытаний МПДУ (1977–1987 гг.) подтвердили положения научного открытия автора – нового закона (закономерности) в области физики плазмы (НИИТП, 1962–1963 гг.) [29], на котором основан ряд разработок и изобретений, приведенных в настоящей работе. Результаты этих исследований позволили высказать гипотезу, опубликованную в средствах массовой информации (13.01.2012 г.) и объяснить причины сбоя телеметрии и выхода из строя аппаратуры автоматической межпланетной станции «Фобос-Грунт», которые привели к его гибели [43].

Для обоснования вышесказанного используются публикации, отображающие работы сотрудников Центра Келдыша [6–8, 11–13, 20–23, 52–54], а также личный вклад и опыт авторов статьи в создании и исследовании электрореактивных двигателей, электроразрядных, ВЧ и СВЧ приборов и т.д., частично отображенный в библиографическом списке трудов.

Концепции создания и испытания ЭРД мегаваттного класса

В ноябре 2009 года президентом России было объявлено о финансовой поддержке работ в части создания ядерной энергетической двигательной установки (ЯЭДУ) с электрореактивным двигателем (ЭРД). В феврале 2010 года руководители НАСА и Роскосмоса сообщили о фактическом отказе от разработки пилотируемых полетов на Марс в ближайшие годы.

Тем не менее, эти работы продолжаются, особенно в США. В Интернете сообщалось, что в ближайшие годы в США:

- «Космические корабли землян получат двигатели нового поколения «VASIMR-200», которые, используя энергию Солнца, будут разгонять их до невероятных скоростей, что позволит долететь до Марса за 40 дней;
- разработчики компании «Ad Astra Rocket» отработали об успешном прохождении программы наземных испытаний их двигателя. На очереди последний и решающий этап испытаний на борту МКС. На днях НАСА дало окончательное согласие на их проведение;
- предстоящими космическими испытаниями предусмотрено использование объединенных в один агрегат двух двигателей «VASIMR-200» для перемещения МКС на более высокую орбиту;
- подпитка двигателей будет осуществляться солнечными батареями космической станции, их энергии вполне хватит для вывода двигателей на полную мощность».

В настоящей статье этот двигатель не рассматривается, важно, что в США проблеме создания мощных ЭРД уделяется серьезное внимание. Ряд недостатков «VASIMR», по сравнению с магнитоплазодинамическим двигателем (МПДУ) с управляемыми вектором тяги и удельным импульсом, уже отмечались [3]. Практическая невозможность его создания и использования, с точки зрения эффективной организации физических процессов и конструктивных особенностей «VASIMR», будет показана в специальной работе.

Основное внимание в данной статье уделяется ионным (ИД), холловским (ХД) и магнитоплазодинамическим (МПД) двигателям.

Наиболее подробно концепция создания ЭРД с солнечной энергетикой в России изложена в книге «Пилотируемая экспедиция на Марс» [6, 10, 11], а с ядерной –

в [5, 8, 20]. В обоих случаях в качестве основы единичного модуля ЭРД рассматриваются еще не созданные в России сравнительно мощные ионные и холловские двигатели. По поводу разработок ионного двигателя в журнале «Российский космос» за 2009 год в статье «Двигатель для межпланетного корабля» написано [11]:

«На МКС будут проведены испытания уникального российского космического «мотора»... подготовкой которого в ближайшее время займутся флагманы космической отрасли – Ракетно-космическая корпорация «Энергия», Центр имени Келдыша и головной институт ЦНИИмаш. Это можно считать сенсацией: впервые в условиях орбитального полета начнутся испытания уменьшенной модели будущих ионных двигателей, которые доставят космонавтов к далекой Красной планете...

– Эксперимент запланирован на 2011 год, а подготовка к нему начнется в ближайшее время, – рассказывает Виталий Семенов, главный конструктор Центра имени Келдыша, один из ведущих специалистов, занятых в марсианском проекте.

– У этих двигателей большое будущее. Не сомневаюсь, они откроют новую страницу в освоении космоса... Мощность одного маршевого двигателя составит лишь 50 *кВт*. На марсианском пилотируемом корабле будет не один такой двигатель, а 300. Общая их мощность – 15 *тыс. кВт*. Это будет уникальная космическая установка мегаваттного класса. Такого в мире еще не было ...

Чтобы долететь до Марса потребуется 155–300 *т* аргона... Его использование является важной технической новинкой. Потому что в ионниках обычно используется ксенон. Российских конструкторов не устраивает, прежде всего, его стоимость. Аргон в десятки раз дешевле ксенона. При длительном полете это имеет решающее значение. Использование более дешевого газа при реализации всей марсианской программы (наземные испытания и несколько полетов к Красной планете) позволит сэкономить немалые средства – от 1 до 2 *млрд* долларов.

Виталий Семенов рассказал, что наземные испытания, проведенные в барокамере центра имени Келдыша, где создавался космический вакуум, подтвердили работоспособность нового ионника. Первая летная модель будет иметь сравнительно небольшую мощность – 2,4 *кВт*. По габаритам опытный образец можно сравнить с большим ящиком – примерно 0,5–1,5 *м*. Это не считая панели солнечной батареи ...

Марсианским проектом Россия наиболее активно занимается последние восемь лет. Четыре года ушло на разработку аванпроекта. На нынешнем втором этапе чертежи воплощаются в металл, макеты, опытные установки. Идут исследования, эксперименты, испытания отдельных узлов и систем. Марсианская программа, по оценкам специалистов, реализована уже на 30 процентов. Неразрешенных технических проблем не осталось. Россия здесь занимает лидирующие позиции в мире».

В конце статьи заявлено: «Завершить подготовку экспедиции на Марс, построить планетолет можно за 10–12 лет. Для этого необходимо политическое решение и, разумеется, деньги – 20 *млрд* долларов до 2020 года».

Многое из сказанного писателем-фантастом, руководителями и ведущими специалистами проекта [6, 10, 11, 20], как будет показано ниже, либо не соответствует действительности, либо лежит за пределами реализуемости.

Не касаясь ряда ошибочных утверждений и «новинок» в этой статье, отметим, что вместо фотографии или схемы ионного двигателя, почему-то, без всякого пояснения, приводится одно компьютерное изображение и две фотографии двигателей, сделанных Центром Келдыша на основе широко известного СПД.

«Важная техническая новинка» – аргон – более 50 лет назад использовался при разработке ионных двигателей (ЦАГИ и ИАЭ им. Курчатова) и затем – в 1966–1968 гг. в натуральных космических экспериментах по программе «Янтарь» [12].

В НИИТП (Центре Келдыша) исследования и разработка ионных двигателей, использующих воздух, азот и аргон, были прекращены еще в 1967–1968 гг. как бесперспективные.

Спустя 40 лет этой организации были выделены средства, необходимые для возобновления работ и завершения концепции создания мощных ЭРД нового поколения на основе ионных двигателей.

В журналах «Новости космонавтики» за 2009–2011 гг. [20–2] появились публикации о содержании и финансировании проектов, разрабатываемых головной организацией – Центром Келдыша, руководимой академиком РАН А.С. Коротеевым (старшим).

«Сейчас на реализацию проекта в установленные сроки (2010–2018 гг.) официально продекларировано финансирование в размере 17 млрд руб. В частности, на 2010 год выделяется порядка 500 млн руб.: 430 млн руб. в адрес Росатома и 70 млн руб. – Роскосмоса» [21].

«В качестве движителя рассматриваются холловские и ионные ЭРД, опытно-конструкторские работы по которым ведутся в ОКБ «Факел» и Центре Келдыша. Например, типовой двигательный модуль может включать шесть холловских ЭРД мощностью 100 кВт, один из которых – резервный. В зависимости от напряжения разряда тяга единичного двигателя может составлять 0,87–0,71 кс, КПД – 60 %, а удельный импульс составит 1400–1700 с и более. На транспортном модуле предполагается иметь два типовых двигательных модуля, то есть 12 ЭРД» [20].

Следует добавить, что к разработке и созданию электрореактивных двигателей и подготовке кадров для Центра Келдыша были привлечены МФТИ и несколько подразделений Московского авиационного института: НИИ прикладной механики и электродинамики МАИ, руководимый академиком РАН Г.А. Поповым; созданный в МАИ согласно приказу от 12.10.2010 г. № 366 совместный с Центром Келдыша и МФТИ Научно-образовательный центр «Космические энергодвигательные системы нового поколения», основным руководителем которого стал академик РАН А.А. Коротеев (младший); затем – приказом № 109 от 04.03.2011 г. создана «Научная лаборатория высокочастотных ионных двигателей (ВЧ ИД)» с финансированием в объеме 150 миллионов рублей в течение трех лет, научным руководителем которой стал профессор Гиссенского университета (Германия) Хорст Вольфганг Лёб [17, 18].

После организационных мер было принято решение Проблемного совета № 5А НТС Федерального космического агентства по двигательным установкам РКТ, проведенного под руководством А.С. Коротеева в Центре Келдыша 28.09.2011 г. на тему: «Стратегия разработки и применения ЭРД различных типов в России на период до 2020 г.». В нем записано: «В России наметилось отставание от ведущих космических держав в разработке и применении как по мощным холловским ЭРД, так и по ЭРД других схем, что сдерживает развитие отечественных аппаратов после 2015–2020 гг....

Для транспортно-энергетических модулей мощностью свыше 1 мВт необходимо создание двигателей новых схем, использующих нетрадиционные способы ускорения плазмы и обеспечивающих высокое значение плотности тяги, удельного импульса и ресурса».

Однако на самом деле в этом решении отсутствует стратегия разработки и применения ЭРД различных типов, даже упоминания, например, о магнито-плазмодинамических двигателях (рис. 2 и рис. 7), разрабатываемых много лет в НИИТП [8, 12, 13]. Основной упор в решении проблемного совета делается только на разработку СПД мощностью до 4,5 кВт и разработку ИД мощностью 35 кВт с удельным импульсом 7000 сек.

В статье, посвященной X Международному авиационно-космическому салону «Макс-2011», появилось сообщение о достигнутых успехах в разработке ЭРД и финансировании работ [22]:

«Центр Келдыша основное внимание уделил перспективным технологиям ракетно-космического двигателестроения. Были представлены холловские электроракетные двигатели (ЭРД) КМ-45, КМ-60, КМ-88, КМ-5 и КМ-7...

Посредством плакатов посетители могли познакомиться с информацией о разработках Центра Келдыша в области ЭРД и создании качественно нового транспортно-энергетического модуля высокой энерговооруженности на основе ядерной энергодвигательной установки и ЭРД нового поколения на основе перспективных конструкционных материалов...

Электрическая мощность установки превышает 1 мВт...

Энергоустановка запитывает 16 ионных ЭРД, работающих на ксеноне, каждый 1 м в диаметре. Значение удельного импульса двигателя достигает 7000 с. Ионный ЭРД диаметром 30 см (ИД-300) уже опробован на наземном стенде.

Концепция должна быть завершена в 2012 году, чтобы провести стендовые испытания в 2014–2015 годах. Финансирование проекта намечено в размере 17 млрд руб. в течение девяти лет».

Ранее, в 2009 году, отмечалась необходимость использования в ионных двигателях «важной технической новинки» – дешевого рабочего тела аргона, сейчас – опять редкого на Земле и крайне дорогого газа – ксенона, которого потребуются сотни тонн [6, 11]. Тогда же сообщалось, что «аванпроект разработан. Неразрешимых технических проблем не осталось. Россия здесь занимает лидирующие позиции в мире... Наземные испытания, проведенные в барокамере Центра им. Келдыша, где создавался космический вакуум, подтвердили работоспособность нового ионника...»

Оказалось, что спустя почти три года концепция не завершена, но маломощный ионный двигатель ИД-300 уже опробован, хотя об этом сообщалось еще шесть лет назад [6]. Но самое важное – значение удельного импульса более масштабного двигателя с ионно-оптической системой 1 м уже достигает 7000 с!

Оценим перспективу создания ИД и СПД с указанными высокими параметрами, возникающими проблемами в процессе их разработки и имеющимися в настоящее время отечественными и зарубежными достижениями, изложенными в работах [6–8, 10, 11, 20].

Схемы и конструкции ионных и холловских двигателей, разрабатываемые в качестве основы мощных ЭРДУ

П. 1. Рассмотрим лабораторную модель вышеупомянутого двигателя ИД-300, разработанную и испытанную Центром Келдыша совместно с МАИ [6, 7]. Схема и внешний вид лабораторной модели этого двигателя, взятые из этих книг, приведены на рис. 8.

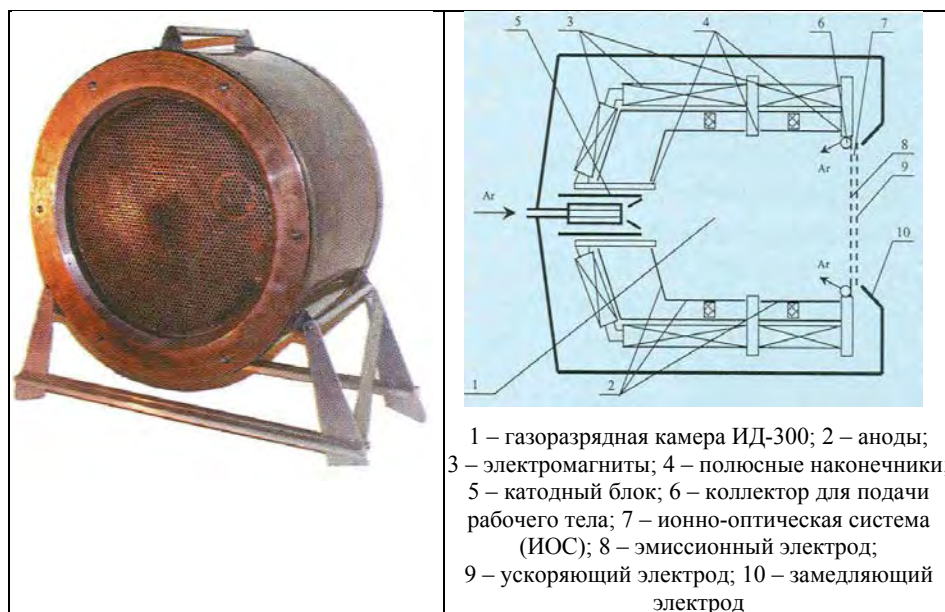


Рис. 8. Внешний вид и схема лабораторной модели ионного двигателя ИД-300

Принцип действия ионного двигателя связан с его основными конструктивными особенностями. В газоразрядной камере (1) с помощью анодов (2) и катодного блока (5), расположенных в осесимметричном магнитном поле, создается разреженная плазма. Из нее эмиссионным электродом (8) «вытягиваются» ионы рабочего тела (азота, аргона, ксенона и др.) и ускоряются в промежутке между ним и ускоряющим электродом (9). За ними устанавливается замедляющий электрод (10), выполненный в виде кольца, охватывающего пучок ионов. Эти три элемента составляют ионно-оптическую систему (ИОС) диаметром 30 см. Толщина эмиссионного и ускоряющего электродов, изготовленных из титана, составляет 0,5 мм и 1,0 мм. В эмиссионном электроде диаметр отверстия 3,0 мм при толщине перемычки 0,6 мм, а в ускоряющем электроде отверстие имеет диаметр 1,0 мм. Расстояние между этими электродами (сетками), где происходит ускорение ионов, составляет 0,5–0,8 мм. Потенциал эмиссионного электрода равняется +1540 В, а потенциал ускоряющего ионы электрода составляет –385 В. Из-за высокой разности потенциалов ионы газов разгоняются до больших скоростей, поэтому могут распылять материалы электродов (сеток), разогревать, деформировать и разрушать их, что может вызвать «короткое» замыкание электроцепи. На стр. 152 книги [6] написано: «Самым сложным узлом ионного двигателя с технологической точки зрения является ионно-оптическая система (ИОС). Качество изготовления и юстировки этого узла определяет стабильность работы и ресурс двигателя. На сегодняшний день в мире созданы и достаточно хорошо отработаны ионные двигатели с рабочим размером ИОС до 35 см. Двигатели большого размера существуют лишь в единичных экземплярах на стадии лабораторных моделей».

О лучшем из отработанных двигателей на стр. 147 сказано [6]: «В настоящее время наибольших успехов в развитии ионных ЭРД достигли США, так ионный

ЭРД, созданный в рамках программы «NSTAR», проработал 16 265 часов в качестве маршевого двигателя космического аппарата «Deer-Space-1», двигатель имел мощность $N = 2.3 \text{ кВт}$, удельный импульс $I = 3\,170 \text{ сек}$, рабочее тело – ксенон.

Внешний вид и энергомассовые параметры двигателя NSTAR, взятые из Интернета, приведены на рис. 9.



Рис. 9. Ионный двигатель NSTAR

Дополнительные данные об этом двигателе и других эксплуатируемых и прошедших летные испытания современных ионных двигателей, изготовленных в США, Великобритании, Германии и Японии, приведены в табл. 1 [7].

Двигатель NSTAR, имеющий ИОС диаметром 30 см (диаметр сопла), сопоставим с ионным двигателем ИД-300, у которого такой же диаметр ИОС.

В отношении ИД-300 в [7] на стр. 239 написано: «Данный двигатель может быть использован также в составе маршевой ДУ легких межпланетных зондов. Он имеет следующие проектные характеристики:

Рабочее тело	ксенон
Мощность, кВт	1,9
Тяга, мН	80
Удельный импульс тяги, с	3 000
Тяговый КПД, %	62
Проектный ресурс, ч	15 000»

Здесь говорится о проектных характеристиках двигателя, приводятся отдельные результаты экспериментальных исследований модели двигателя ИД-300, работающей на криптоне – тоже редком и, как ксенон, чрезвычайно дорогим газе, что неприемлемо для двигателей мегаваттного класса.

Однако в работе [6] о двигателе ИД-300 и проектируемом ЭРД-50, изображенном на рис. 10, сказано совершенно другое: «С целью получения недостающей информации при проектировании ЭРД-50 были проведены испытания данной модели на аргоне в диапазоне удельных импульсов 5000–7000 с».

Таблица 1

Эксплуатируемые и прошедшие летные испытания современные ИД

Страна	Название (фирма-разработчик)	Мощность, кВт	Тяга, мН	Удельный импульс тяги, с	Состояние разработки	КА	Назначение
США	XIPS-13(BSS)	0,43	~18	2568...2720	Эксплуатация	Геостационарные КА на платформе BSS-601HP	Коррекция орбиты, разгрузка маховиков
	XIPS-25(BSS)	4,5	165	3800	Эксплуатация	Геостационарные КА на платформе BSS-702	Довыведение, коррекция орбиты, ориентация КА, разгрузка маховиков
	NSTAR-30 (Центр Гленна, JPL, BSS)	0,42...2,3	19...92,7	1814...3127	Эксплуатация	Межпланетный КА Deep Space 1	Работа в составе маршевой ДУ
Великобритания	UK-10(T5) (EADS Astrium)	0,28...0,64	10...25	3000...3300	Летные испытания	Исследовательский геостационарный КА ARTEMIS	Коррекция орбиты
Германия	RIT-10 (EADS Astrium)	0,59	15	3000...3150			
Япония	XIES (Ø 12 см) (Mitsubishi El. Corp.)	0,7	23,3	2900	Летные испытания	Исследовательские геостационарные КА ETS-III, ETS-IV, COMETS	
	µ10 (ISAS)	<0,4	8,1	2920	Эксплуатация	Межпланетный КА MUSES-C (HAYABUSA)	

Проектные характеристики лабораторной модели ионного двигателя ИД-300 совпадают с реальными характеристиками давно действующего штатного двигателя NSTAR, также работающего на ксеноне. Это означает, что удельный импульс ИД-300 при использовании аргона получен в два с лишним раза выше, чем у NSTAR, работающего на ксеноне. Этого не может быть!

Отметим, что у ЭРД-50 (как основы мегаваттной двигательной установки – единичном модуле мощностью $25 \div 50 \text{ кВт}$) рабочий диаметр ИОС должен составлять не менее 70 см, в ней должно быть около 36 500 отверстий [6]. Сетки ИОС для их устойчивости имеют выпуклый вид, отверстия в сетках должны строго совпадать по оси и находиться на расстоянии менее 1 мм. Создание ионно-оптической системы с диаметром сетки 1000 мм для двигателя большой мощности является, по мнению специалистов, практически нерешаемой технологической проблемой. Однако, как сообщается в приведенной выше цитате [22]: «Энергоустановка запитывает 16 ионных ЭРД, работающих на ксеноне, каждый 1 м в диаметре. Значение удельного импульса двигателя достигает 7000 с» – эта проблема Центром Келдыша, оказывается, уже решена.

В России штатные ионные двигатели, даже с указанными в табл. 1. характеристиками и мощностями, не существуют. Создание двигателей с большими размерами ИОС и мощностью на 1–1,5 порядка выше приведенных в табл. 1 зарубежных образцов – совершенно нереальная задача.

Вывод № 1. Руководство Центра Келдыша, взяв на себя всю ответственность спроектировать и испытать 25÷50-киловаттный двигатель ЭРД-50 с диаметром ионно-оптической системы 70 см или 100 см, по нашему мнению, не справится по технологическим причинам с поставленной ими же задачей.

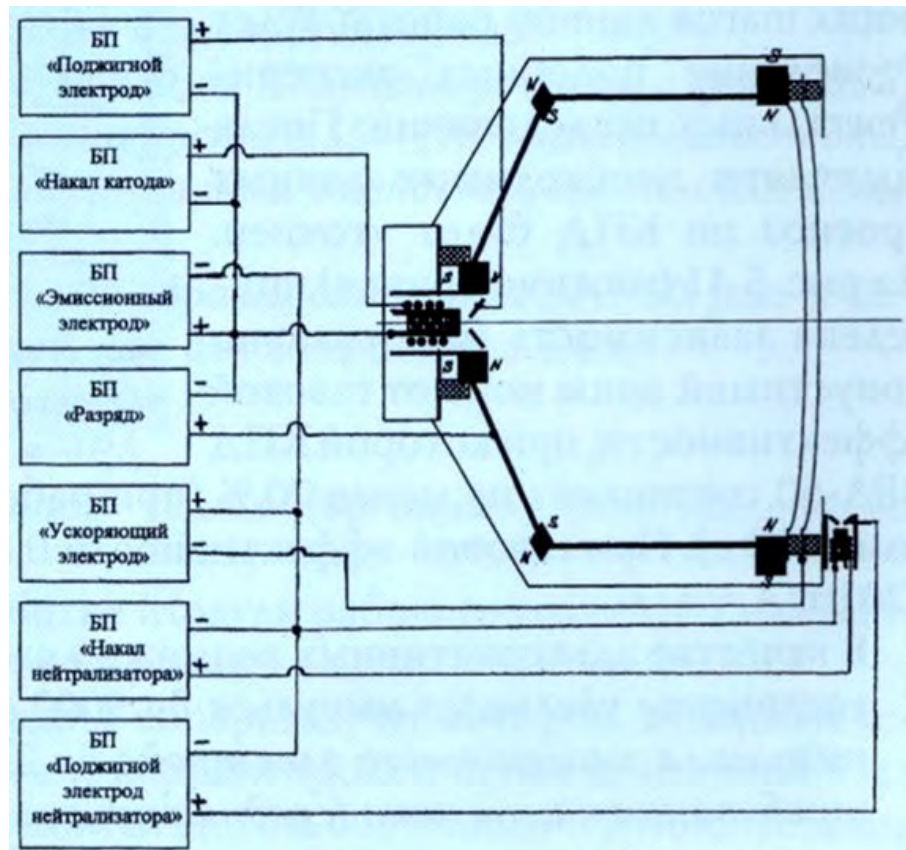
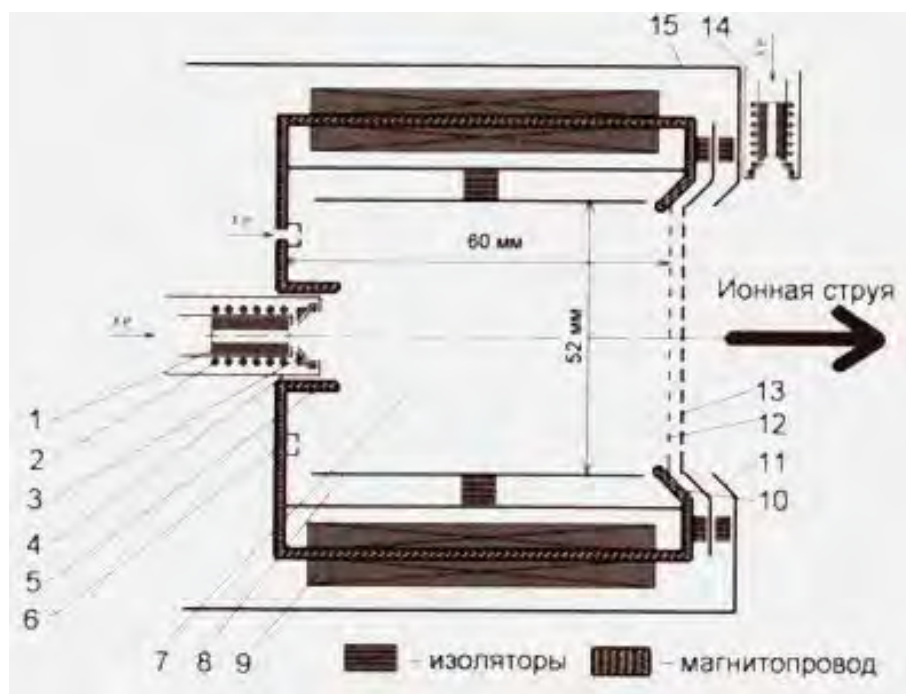
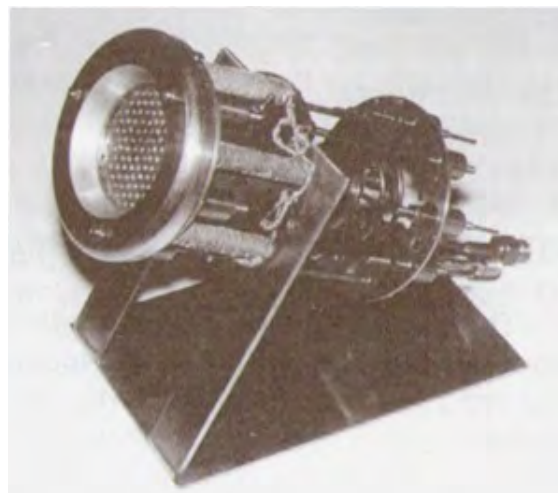


Рис. 10. Схема подключения единичного модуля ЭРД-50 к источникам питания

П. 2. У реального действующего ионного или холловского двигателя должен быть катод-нейтрализатор (компенсатор), без которого он не может работать. Для создания тяги это устройство устанавливают на выходе из двигателя, чтобы компенсировать электрический заряд ионов зарядом электронов, испускаемых им.

Например, у *NSTAR* катод-нейтрализатор установлен в верхней части двигателя, а на конструкции ИД-300 и его схеме он отсутствует (рис. 8). Сразу возникает вопрос: испытывалась ли вообще лабораторная модель ионного двигателя ИД-300 в качестве ЭРД или нет?

На схемах двигателей ЭРД-50 и ИД-50 приведена принципиальная схема катода-нейтрализатора и его электропитания. Он почему-то не приведен на схеме и фотографии ИД-300, отсутствует и на фотографии двигателя ИД-100 [7]. Нет катода-нейтрализатора и на лабораторной модели двигателя ИД-50, имеющего ИОС диаметром всего 5 см, фотография и схема которого взяты из книги «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша. 70 лет на передовых рубежах ракетно-космической техники» [8].



1 – эмиттер; 2 – стартовый нагреватель; 3 – поджигной электрод;
 4 – корпус катодного блока; 5 – катодный полюсный наконечник; 6 – коллектор подачи ксенона; 7 – газоразрядная камера; 8 – анод; 9 – электромагнит; 10 – анодный полюсный наконечник; 11 – замедляющий электрод; 12 – плазменный электрод; 13 – ускоряющий электрод; 14 – катод-нейтрализатор; 15 – защитный кожух

Рис. 11. Внешний вид и схема лабораторной модели ИД-50

Из содержания книг не ясно, какой конструкции и сколько катодов-нейтрализаторов устанавливается на этих ионных двигателях [6–8]. Возможно, что они аналогичны компенсаторам, используемым Центром Келдыша в стационарных плазменных двигателях, например, в КМ-7 или КМ-5 (рис. 12).

В отличие от ИД, на всех конструкциях СПД имеются катоды-компенсаторы. Для надежности их ставят по два и более экземпляра на каждый двигатель, в то время как на упомянутом американском двигателе NSTAR установлен всего один катод-компенсатор.

2 катода-компенсатора

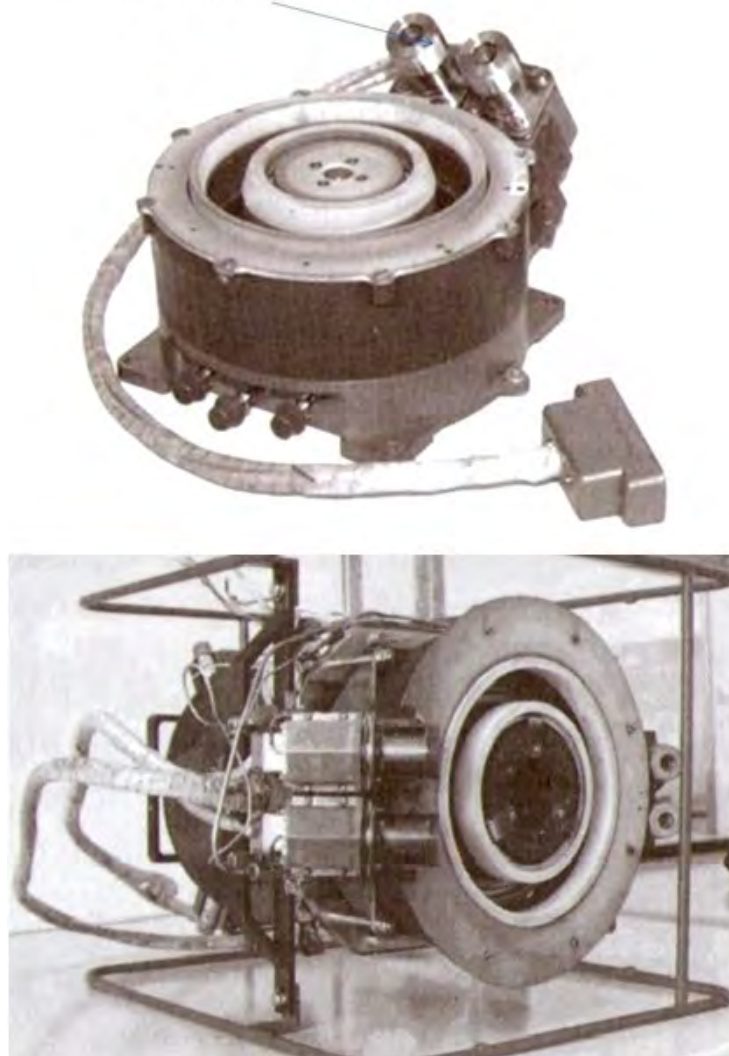


Рис. 12. Внешний вид двигателей КМ-5 и КМ-7

В случае, если не будет осуществлена электрокомпенсация (нейтрализация) зарядов струи плазмы, то космический аппарат станет заряжаться до высоких потенциалов относительно окружающего пространства [12, 42]. Это было показано в экспериментах с ионными двигателями, испытанными на ионосферной лаборатории «Янтарь», выполненных под руководством Л.А. Арцимовича и Г.Л. Гродзовского. В их экспериментах проблема нейтрализации зарядов не была решена окончательно [12].

Создается впечатление, что с макетами двигателей ИД-50, ИД-100, ИД-300, ИД-50 и, тем более, ИД-1000 лабораторные исследования проводились не в полном объеме, без использования катода-нейтрализатора и без учета целого ряда факторов.

Ионные и холловские двигатели неработоспособны в космосе без катодов-компенсаторов!

Проблема нейтрализации статических зарядов на крупногабаритном марсианском космическом корабле с ЯЭРДУ станет особенно актуальной. Россией она не решена даже на МКС, где используется американская система [42].

Вывод № 2. Независимо от типа ЭРД, разрабатываемого для ЯЭРДУ, необходимо обратить серьезное внимание на проблему нейтрализации электрических зарядов в струе плазмы и на корпусе летательного аппарата. Выход из строя нейтрализаторов ионных или холловских двигателей может привести к разбалансу всей электросистемы, прекращению работы двигательной установки.

П. 3. Схема электропитания двигателя ЭРД-50, приведенная на рис. 10, достаточно сложна, требуется семь источников постоянного напряжения от 20 до 2000 В. Для ее реализации необходимо преобразовать низковольтное постоянное напряжение от солнечных или ядерных источников электропитания в переменное, поднять его до нужных уровней, затем опять преобразовать в постоянное с различными семью номиналами.

Поскольку двигательная установка должна состоять из 300~500 экземпляров ЭРД-50, то, естественно, вспомогательная аппаратура системы электропитания и управления этими двигателями будут снижать надежность всей двигательной установки, увеличат массу и стоимость всего комплекса. Их суммарная масса может приближаться или превосходить даже массу всех ионных двигателей с учетом сложной системы хранения и подачи рабочего тела в связку из 300~500 двигателей.

Вывод № 3. Создание систем электропитания, хранения и подачи рабочего вещества и управления связкой ионных двигателей, состоящей из 300~500 единичных модулей ЭРД-50 или ИД-1000, будет крайне сложной, дорогой и практически нереализуемой задачей.

П. 4. Приведенные схемы и фотографии ионных двигателей и характерные величины параметров позволяют оценить перспективность и целесообразность их разработки и использования в проектируемой ЯЭРДУ.

Представим, для упрощения расчета, схему ионного двигателя в приведенном на рис. 13 виде. Она подобна схемам и фотографиям, показанным на рис. 8–13, которые отображают конструктивные варианты разрабатываемых ионных двигателей.

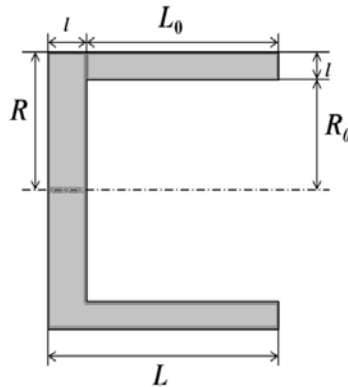


Рис. 13. Схема корпуса ионного двигателя

Тяга, создаваемая ионным двигателем, будет равняться $F = \alpha \cdot S_0 = \alpha \frac{\pi D_0^2}{4}$, где α — тяга на 1 см площади сечения струи на выходе двигателя, равной площади ионно-оптической системы S_0 .

Масса двигателя $M = \beta \cdot V$, где β — усредненная плотность конструкции двигателя, а V — объем двигателя, D, D_0, L, L_0, l — характерные размеры двигателя.

$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 L - D_0^2 L_0).$$

Считая, что $D_0 = AD$ и $L = BD_0$, получим выражение для отношения тяги идеального двигателя к его массе в зависимости от наружного диаметра D или диаметра ионно-оптической системы D_0 :

$$\frac{F}{M} = \frac{\alpha S_0}{\beta V} = \gamma \frac{S_0}{V}, \text{ где } \frac{S_0}{V} = \frac{1}{D_0} \cdot \frac{1}{B(A^2 - 1) + 0,5(A^{-1} - 1)}$$

Примем $A = \frac{1}{2}, A = \frac{1}{3}, A = \frac{1}{4}$ и $A = \frac{3}{4}$, которое соответствует данным реального двигателя NSTAR (рис. 10). Возьмем $B = 1$ и $B = 2$, что также близко к реальным конструкциям ионных двигателей, изображенных на рисунках.

Для реального двигателя NSTAR с регулируемой тягой $D_0 = 0,3 \text{ м}$;

$$A = \frac{D_0}{D} = \frac{30}{41} \approx \frac{3}{4}; \quad B = \frac{L}{D_0} = \frac{33}{30} = 1,1; \quad \frac{S_0}{V} \approx 3,53 \text{ м}^{-1} :$$

$$\frac{F}{M} = \gamma \frac{S_0}{V} = \frac{(19 \div 92) \text{ мН}}{8,9 \text{ кг}} = \frac{(1,9 \div 9,4) \text{ эс}}{8,9 \text{ кг}} = (0,214 \div 1,056) \text{ эс/кг}.$$

Коэффициент γ для двигателя NSTAR в зависимости от величины подводимой мощности и расхода ксенона, согласно данным рис. 10, менялся в диапазоне

$$\gamma = \frac{F}{M} \cdot \frac{S_0}{V} = (6,62 \div 29,63) \frac{2c \cdot cM}{кг} = (6,62 \div 29,63) 10^{-3} \frac{2c \cdot cM}{г}$$

Приведенные в книгах [6–8] фотографии и схемы ионных двигателей позволяют оценить величины коэффициентов A и B и их влияние на параметры двигателей, имеющих разные геометрические размеры и диаметры ионно-оптической системы D_0 .

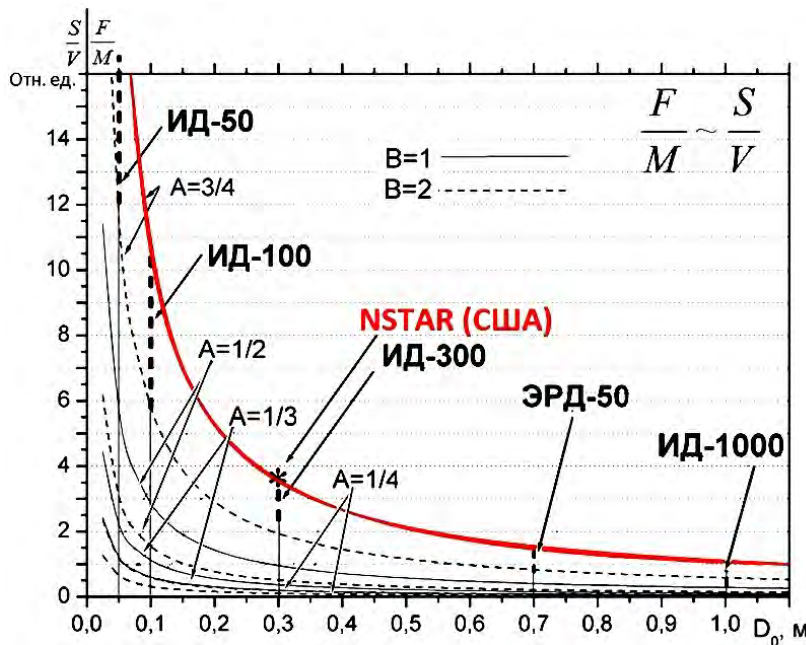


Рис. 14. Зависимости отношения тяги к массе от диаметра ИОС ионных двигателей, разрабатываемых Центром Келдыша

Как видно из графиков, увеличение диаметра D_0 ионно-оптической системы двигателя и, следовательно, его массы, приводит к ухудшению энергомассовых характеристик при условии сохранения неизменным максимального значения коэффициента γ . Чтобы он не уменьшался с увеличением размера двигателя, необходимо увеличивать расход рабочего тела, напряженность магнитного поля и подводимую электроэнергию, что приведет к дополнительному возрастанию массы двигателя, которая на графике не учтена.

Для увеличения напряженности магнитного поля (увеличение тока в соленоиде потребует улучшения охлаждения соленоида), необходимо увеличить наружный диаметр двигателя, а это, в свою очередь, уменьшит коэффициент $A = D_0/D$, влияющий на энергомассовую характеристику ИД.

Увеличение масштаба двигателя приведет к ухудшению его характеристик, тяга будет возрастать медленнее, чем его масса и подводимая к нему электроэнергия, затрачиваемая также на питание магнитной системы.

Выгодно делать двигатели, имеющие малые размеры ИОС, стремясь при этом вкладывать как можно больше электроэнергии в разряд. Ее величина связана с ограничением расхода рабочего тела, плазма должна быть разреженной в газоразрядной камере. В области ИОС между эмиссионным и ускоряющим электродами (рис. 8 и рис. 11) должен выполняться свободномолекулярный режим истечения частиц, от которого зависит расстояние между сетками ионно-оптической системы.

Реальная функция F/M будет падать быстрее, чем S_0/V с увеличением диаметра ионно-оптической системы D_0 и, особенно, – с учетом массы систем электропитания, управления двигателем и электрооборудования, и системой хранения и подачи рабочего тела. В оценочных расчетах их масса не учитывалась.

Что касается двигателей холловского типа (СПД и ДАС), то, как видно из рис. 4 и рис. 12, площадь кольцеобразного сопла двигателя S_0 составляет малую часть поперечного сечения двигателя по сравнению с ионным (рис. 10). Увеличение массы двигателя из-за наличия центрального магнитопровода существенно уменьшает функцию $F/M \sim S_0/V$, которая имеет вид, подобный для ионного двигателя. Отсутствие у СПД ионно-оптической системы (сеток) позволяет использовать электромагнитный механизм ускорения, повысить степень ионизации газа, снизить напряжение разряда, упростить систему электропитания, уменьшить стоимость изготовления двигателя и увеличить надежность его работы. Но возникают другие проблемы, связанные с ресурсом двигателя, решение которых не окажет существенного влияния на его энергомассовые характеристики.

Учитывая успехи и большой опыт ОКБ «Факел» в создании стационарных плазменных двигателей, в Центре Келдыша стали разрабатывать различные конструкции СПД. На его основе сделали двигатель КМ-5, назвав его «холловским двигателем нового поколения с управляемым вектором тяги» [8]. К двигателю КМ-5, без учета его конструкции и свойств, неправильно применили способ и устройство управления вектором тяги, защищенные авторскими свидетельствами [31, 32], внедренными в НИИТП еще в 1963 году при создании с помощью МПДУ [30, 33] высокоскоростного потока нейтральных частиц [39, 42].

Основное изобретение [32], будучи закрыто в то время, спустя 35 лет в той же организации было фактически переоформлено в два патента на холловские двигатели (ускорители) с управляемым вектором тяги [36, 37]. Полученные сотрудниками Центра Келдыша в 1998 году в России и за рубежом совместно с представителями иностранных фирм, оба патента нереализуемы. Варианты управляющей вспомогательной магнитной системы [32], назвав их «азимутальной секцией», установили непосредственно на магнитную систему двигателя [36, 37]. Но в СПД, по сравнению с МПДУ, из-за разных конструкций двигателей, их элементов и топологий магнитных полей управление вектором тяги не будет осуществляться. Более того, отклоненная струя плазмы на выходе из двигателя разрушит его керамическое сопло, а также нарушит работу катодов-нейтрализаторов, выведет двигатель из строя [3].

После этой статьи [3] рекламные публикации о двигателях серии КМ с управляемым вектором тяги перестали появляться в печати.

Реальные характеристики разрабатываемых в Центре Келдыша образцов двигателей серии КМ-5, КМ-7 и др. (рис. 12) уступают характеристикам двигателей, создаваемых другими организациями (табл. 2, [7]). Более того, заявленная мощность холловских двигателей ~ 100 кВт и удельный импульс ~ 7000 сек [20] во много раз превосходят параметры образцов, разрабатываемых западными фирмами [7].

Вывод № 4. Ионные и холловские двигатели в принципе не позволят создать ЭРД мегаваттного класса для ЯЭРДУ, их разработка и использование нецелесообразны по энергомассовым характеристикам и невыгодны с экономической точки зрения из-за сложности изготовления элементов. Конструктивные особенности и физические принципы создания и ускорения плазмы, на которых основаны эти двигатели, не позволяют расходовать необходимое количество рабочего тела и подводить к нему большую мощность.

Таблица 2

Основные характеристики ХД повышенной мощности

Двигатель	Разработчик	N_p , кВт	U_p , В	R , мН	$I_{уд}$, с
СПД-140*	ОКБ «Факел», Россия	3,5...5,0	300...600	200...300	1600...2300**
Д-100-1	ЦНИИмаш, Россия	1,3...7,5	–	80...340	1450...2800
Д-100-2	ЦНИИмаш, Россия	3,3...15	–	80...650	1800...4250
НАСА-173Mv2	Центр Глена, США	3,4...6,0	300...1000	137...350	1800...3140**
ВРТ-4000	Aerojet, США	3,0...4,5	300...400	174...291	1719...2020**
ВНТ-8000	Busek, США	4,0...6,0	300...400	242...389	1895...2235
PPS-X000	Snecma, Франция	3,0...6,0	300...1000	145...335	1800...3100
* – для двигателя приведены проектные параметры ** – значения не учитывают расход рабочего тела через катод и затраты мощности на работу магнитной системы					

П. 5. Во всех известных работах по ионным двигателям, в том числе и вышеупомянутых, не затронута проблема электромагнитной совместимости двигателей с системами космических аппаратов. Особенно это важно для обеспечения дальней космической связи, когда интенсивность помех, создаваемых двигательной установкой, может превосходить интенсивность сигнала в канале радиосвязи. При эксплуатации околоземных космических аппаратов нарушений радиосвязи при работе различных типов ЭРДУ не наблюдалось. В связи с этим у разработчиков и поставщиков перспективных двигательных установок бытует мнение, что это надуманная проблема, которой не следует заниматься. Однако это далеко не так, если рассматривать помехоустойчивость радиосвязи с пилотируемыми космическими аппаратами, направляющимися к Марсу. Мощность сигналов на входе бортовых радиоприемных устройств изменяется в пределах 10^{-14} – 10^{-13} Вт/МГц при удалении космического аппарата от Земли на расстояние порядка 100 млн км. Это весьма слабые сигналы, которые могут быть подавлены различными источниками помех и электромагнитных излучений, создаваемых ионной двигательной установкой космического аппарата.

Экспериментально установлено, в частности, на стендах ЦАГИ, МАИ и ИРЭ РАН, что ионный двигатель, включая область нейтрализации струи и газоразрядную камеру, является источником интенсивного электромагнитного излучения в диапазоне частот до 10 ГГц. Это связано с возбуждением в этих областях двига-

тельной установки неравновесных плазменных колебаний. Для обеспечения работы ионных двигателей необходима установка катода-нейтрализатора на выходе ионной струи из двигательной установки, что является одной из причин генерации колебаний и формирования неблагоприятной электромагнитной обстановки на космическом аппарате.

Как показали экспериментальные исследования [14, 57, 58], проведенные еще в 1960–1970 годах одним из авторов настоящей статьи, камера ионизации ионного двигателя является источником наиболее интенсивных электромагнитных шумов в диапазоне частот 1–10 ГГц, перспективном для систем дальней космической связи. Возникающие в газоразрядной камере колебания электрического поля через токовые вводы и элементы конструкции двигателя создают электромагнитные поля, ограничивающие предельную протяженность линий радиосвязи с космическими аппаратами, находящимися в пределах Солнечной системы. Расчеты показывают [58], что при работе ионного двигателя максимальное удаление космического аппарата, при котором обеспечивается устойчивая радиосвязь с ним, ограничивается значениями $5 \cdot (10^5 - 10^6)$ км.

Кроме рассмотренных ионных двигателей с газовым разрядом, создаваемым с помощью традиционных катодных блоков (рис. 11), существуют ионные двигатели, основанные на высокочастотном разряде (рис. 15). К имеющимся недостаткам двигателей добавляются новые.

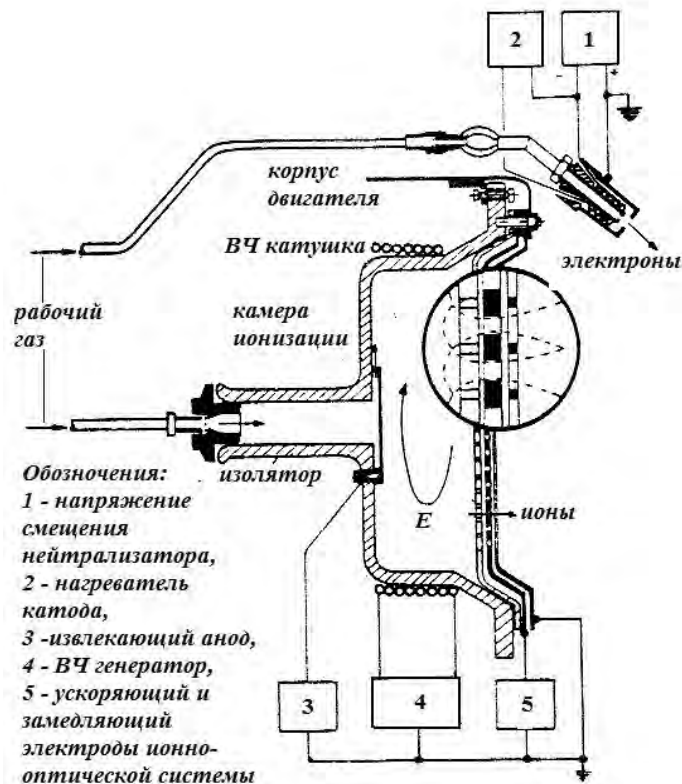


Рис. 15. Схема высокочастотного ионного двигателя

Следует отметить сложность проблемы обеспечения электромагнитной совместимости с радиоэлектронными системами ионных двигателей при формировании в камере ионизации высокочастотного электрического разряда [17–19].

В настоящее время в России работы по этому направлению проводятся под научным руководством профессора Гиссенского университета (Германия) Х.В. Лёба в специально созданной в МАИ лаборатории. Как следует из работ [17, 18], такой подход к созданию двигательных установок реализуем для ионных двигателей с малой тягой и неприменим для двигателей пилотируемых космических аппаратов.

Вследствие малой эффективности процессов образования плазмы в камере ионизации под действием высокочастотного поля требуются значительные затраты энергии высокочастотных генераторов при работе ионных двигателей. Для реализации многомодульной двигательной установки из 300 ионных двигателей суммарная мощность высокочастотных генераторов на космическом аппарате составит не менее 3–5 мВт. В результате внутри и вблизи космического аппарата будут созданы электромагнитные поля чрезвычайно большой напряженности. Это приведет к неизбежным сбоям в работе систем космического аппарата вследствие различного рода наводок по цепям электропитания, прямым и побочным каналам воздействия на бортовой радиотехнический комплекс.

Проведенные в Центре Келдыша стендовые эксперименты с традиционными ИД не соответствуют космическим условиям. Это ставит под сомнения перспективность разработки ионных двигателей для пилотируемых космических аппаратов. Необходимо также учитывать опасность метеоритного воздействия космической среды на ионно-оптическую систему (ИОС) двигателей больших размеров.

Вывод № 5. Разрабатываемые в настоящее время ионные двигатели не обеспечивают условия электромагнитной совместимости с радиоэлектронными системами космических аппаратов, в частности, их использование приведет к нарушению надежности функционирования линий дальней космической радиосвязи.

Общий вывод. По нашему мнению, реализация в России проекта электроракетной двигательной установки мегаваттного класса на основе маломощных ионных и холловских двигателей невозможна и нецелесообразна с научной, технической и экономической точек зрения.

В связи с этим необходимо осуществлять альтернативные проекты по созданию ЭРДУ межпланетных космических аппаратов, в частности, с применением магнитоплазодинамических двигателей (МПДД).

Этот двигатель (рис. 7), якобы из-за низких характеристик и ограниченного времени работы, полностью, без обоснования, отвергается Центром Келдыша в качестве основы ЭРДУ мегаваттного класса.

Окончание следует

**МОДЕЛЬ, СТРУКТУРА, ОСОБЕННОСТИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА КОСМОНАВТОВ**

Л.В. Иванова

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

В статье предлагается структура и эволюция профессионального сообщества космонавтов, интеграция отрядов и групп космонавтов в Единый отряд космонавтов России; общая модель сообщества космонавтов, охватывающая его основные существующие и перспективные структуры в России и мире, внутренние и внешние связи.

Ключевые слова: ассоциация участников космических полетов, модель, сообщество космонавтов, структура, целевое объединение.

Model, Structure, Peculiarities and Development Prospects of Cosmonaut Community. L.V. Ivanova

The article proposes the structure and evolution of professional cosmonaut community, integration of cosmonaut corps and groups into United Cosmonaut corps of Russia, general model of cosmonaut community, which covers its basic current and prospective structures in Russia and all over the world, and also domestic and international links.

Keywords: association of space flight participants, model, cosmonaut community, structure, purpose-oriented association.

Одним из главных научных, технических, технологических, социально-политических и социокультурных достижений нашей страны и всего человечества в XX веке явилось начало Космической эры – практического исследования и использования космического пространства. 12 апреля 1961 года в результате первого космического полета Ю.А. Гагарина человечество получило возможность выхода за пределы земного пространства, что создало новые возможности для освоения космоса и развития цивилизации.

Социальной реальностью стали: полеты в космос и постоянное присутствие людей вне Земли, развитие пилотируемой космонавтики как важнейшей части космической деятельности государства и становление новой профессии – «космонавт», формирование профессионального сообщества космонавтов (ПСК) [2]. Чувство принадлежности к сообществу складывается у группы людей, имеющих нечто общее на одном и том же уровне... Формирование идентичности становится частью процесса определения сообщества, границ инклюзии, эксклюзии и базиса для его конструирования. Так, сообщество космонавтов – это эксклюзивная группа людей, вступление в которую обусловлено строгими правилами и требованиями и предполагает обязательное преодоление ряда сложных социальных, профессиональных барьеров. Кроме этого, сообщество космонавтов – это «позитивная референтная группа», которая, кроме основной своей целевой направленности – успешное выполнение космических полетов и программ, – является очень важным, сложным и уникальным социальным институтом, соответствующим объективной потребности общества в достижении научно-технического и социального прогресса для решения проблем безопасности и развития человечества, для формирования ценностных ориентаций молодежи и общества в целом.

Профессиональное сообщество космонавтов России имеет свою внутреннюю структуру, которая отражает специализации, уровни, статусы, этапы подготовки космонавтов. Эта структура эволюционирует, усложняется, интегрируется, наращивает потоки внутренних и внешних связей, в том числе международных.

За период существования пилотируемой космонавтики в нашей стране официальный статус получили несколько отрядов космонавтов, групп под целевые программы, проводились индивидуальные наборы. Структура и эволюция ПСК, интеграция отрядов и групп космонавтов в Единый отряд космонавтов России представлены на рис. 1.

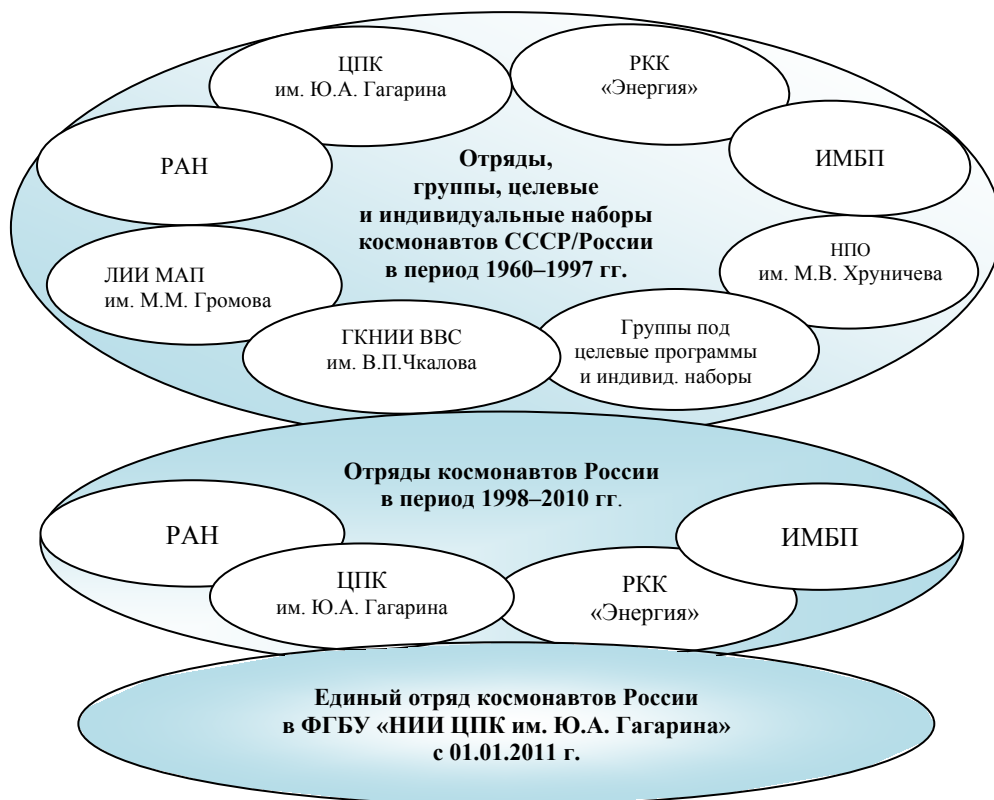


Рис. 1. Структура профессионального сообщества космонавтов России (СССР) и его эволюция в 1960–2011 гг.

Профессиональное сообщество космонавтов стало основой более широкого сообщества космонавтов (СК), охватывающего не только профессионалов, но и других участников космических полетов, в том числе космических туристов.

В настоящее время в мире сформированы космические национальные структуры профессионального сообщества космонавтов (государственные, отраслевые, корпоративные и др. подразделения космонавтов) в Роскосмосе, НАСА (США), Европейском космическом агентстве (ЕКА), космических агентствах Канады, Китая, Японии и др.

Кроме отрядов космонавтов, в мировом сообществе космонавтов имеются: группы космонавтов; экипажи; отдельные космонавты разных стран, проходившие подготовку по национальным и международным программам (проектам), а также «космические туристы» (последние – по индивидуальным (частным) коммерческим проектам).

Известно, что сообщества оказывают сильное влияние друг на друга, они часто взаимопроникают друг в друга, однако момент трансформации нередко почти невозможно зафиксировать. Кроме того, продолжающееся взаимодействие сообществ создает эффект взаимных влияний, что свойственно отрядам и группам космонавтов ПСК разных стран.

Если проанализировать некоторые основные характеристики профессионального сообщества СССР/Россия и США (по равному периоду исторического развития), то за полвека имеем следующий результат: в ПСК России/СССР лишь 41 % космонавтов совершили космические полеты, что почти вдвое меньше, чем доля «слетавших» астронавтов в ПСК НАСА (США), при том что в нашей стране в три раза меньше количество космонавтов, имеющих опыт космического полета в сравнении с США. См. табл. 1.

Таблица 1

Показатели деятельности ПСК России/СССР и США

Страна	Общее количество космонавтов (общее ПСК)	Количество космонавтов, выполнивших космический полет на октябрь 2011 г.	Общее количество космических полетов на октябрь 2011 г.	Количество женщин, выполнивших космические полеты
Россия/ СССР	268	111 (41 %)	213	3
США	454	335 (74 %)	817	46

Несмотря на то, что космонавтами России/СССР выполнено почти в 4 раза меньше полетов, чем астронавтами США, за 50 лет суммарный налет в полетах наших космонавтов составляет ~20 800 суток, и из-за множества длительных экспедиций на орбитальных станциях («Салют» и «Мир») оказался значительно больше, чем у астронавтов США (~15 200 суток), выполнявших короткие полеты чаще и большими (по количеству людей) экипажами на кораблях Спейс Шаттл [3].

Очень важно сказать, что сообщество космонавтов вышло на уровень целевого объединения, не только преследуя чисто деловые интересы, но происходит и «ценностно-рациональное мотивированное объединение по убеждению» [1].

Таким целевым объединением в структуре СК стала Ассоциация участников космических полетов (АУКП) – Association of Space Explorers (ASE), – независимая международная, некоммерческая организация, объединяющая космонавтов и астронавтов из разных стран мира, совершивших космические полеты. Идею создания такой общественной организации выдвинули в 1981 году американские и советские политологи – М. Мёрфи, Д. Хикман, Г. Арбатов и А. Кокошин. В июле 1982 года астронавт НАСА Р. Швейкарт обсудил эту идею в Москве с летчиками-космонавтами СССР А. Леоновым, В. Севастьяновым и Г. Гречко. Официально АУКП была учреждена на конференции во Франции в аббатстве Серне в окрестностях Парижа 7–9 сентября 1984 года. Через год, 2–7 октября 1985 года там же прошел первый конгресс. По уставу АУКП под разными девизами ежегодно проводятся Международные конгрессы в странах, имеющих национальных космонавтов.

В настоящее время Ассоциация насчитывает в своих рядах более 350 космонавтов и астронавтов из 35 стран мира. АУКП содействует пропаганде и рас-

пространению знаний о важнейших достижениях в области космонавтики. В соответствии с Планом основных мероприятий по празднованию 50-летия полета в космос Ю.А. Гагарина, XXIV Планетарный конгресс Ассоциации участников космических полетов прошел в г. Москве с 5 по 9 сентября 2011 года. Тема конгресса: «Он всех нас позвал в космос». Проведение очередного конгресса АУКП в России – признание приоритета нашей страны в освоении космического пространства, открывшей человечеству дорогу в космос и обеспечившей выведение на орбиту первого космонавта планеты. В 2012 году в Эр-Рияде в Саудовской Аравии более ста космонавтов и ученых из 18 стран работали на 25-м Планетарном конгрессе Ассоциации исследователей космоса.

Таким образом, за полвека сформированы: профессиональные структуры и связи СК, а также структуры и связи за пределами непосредственной профессиональной деятельности космонавтов, которые способствуют становлению новых национальных общественных организаций космонавтов: АУКП России, Европы, США и др. стран, международных общественных организаций космонавтов (Международная АУКП–ASE и др.). Осуществляется сотрудничество национальных АУКП с другими институтами общества, например, АУКП России – с Общественной палатой РФ, Европейской АУКП – с Международным космическим университетом (Страсбург) [5]. На рис. 2. представлена общая структура сообщества космонавтов как совокупность организационных структур, его внутренних связей, а также внешних связей с другими структурами, институтами.

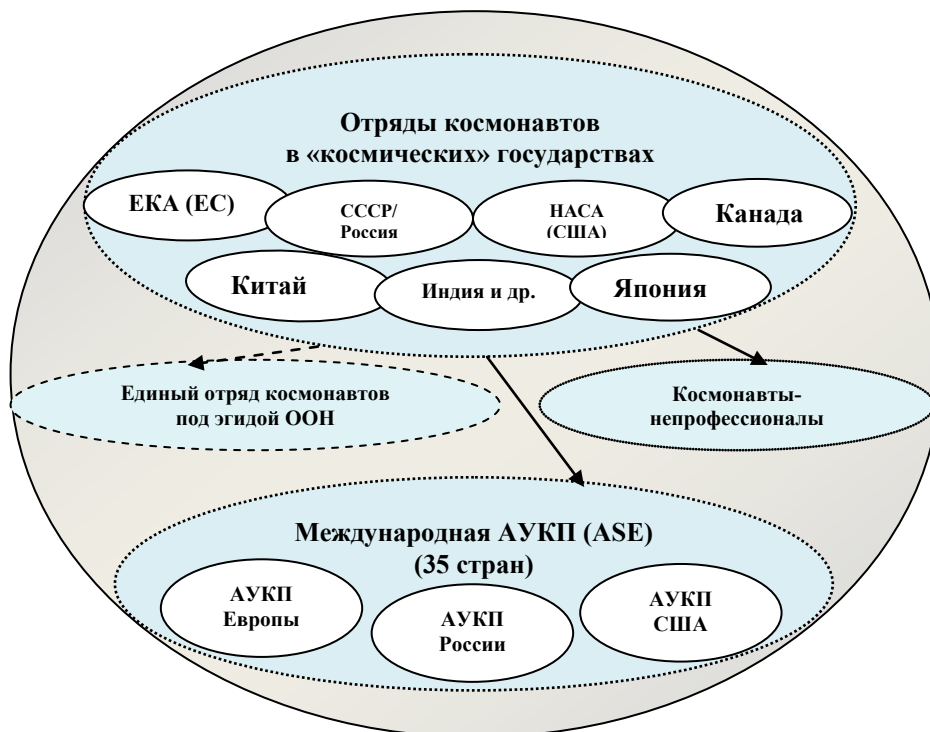


Рис. 2. Общая структура сообщества космонавтов

Современное СК в России и мире является динамичной, растущей, усложняющейся социальной структурой, которая оказывает значительное влияние на общество как социальный институт, имеет не только несомненные достижения и перспективы, но и особенности, проблемы и противоречия. В ближайшие годы может начаться бурный количественный рост СК в связи с началом массовых коммерческих суборбитальных полетов космических туристов. При этом динамика количества профессиональных космонавтов и их полетов сохранится. Однако внутри сообщества космонавтов и в его отношениях с обществом могут произойти существенные изменения

В идеале модель сообщества космонавтов охватывает все формальные профессиональные и общественные структуры, отношения на всех уровнях, различные аспекты, особенности и артефакты на современном этапе. В ближайшем будущем она будет видоизменяться, появятся новые элементы, связи, структуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вебер М. Основные социологические понятия // Теоретическая социология / Под ред. С.П. Баньковской. – М.: CEU, 2002. – Ч. 1. – С. 120–121.
- [2] Иванова Л.В. Профессиональное общество космонавтов как социальный институт // Социология власти. – М., 2011. – № 6. – С. 143–149.
- [3] Налет всех космонавтов мира составляет ~ 39 100 суток (неофициальные данные на 22.11.2011 г.). См.: Статистика общего налета космонавтов по странам мира // Сайт Пилотируемая космонавтика в цифрах и фактах. Справочник. – http://space.kursknet.ru/cosmos/russian/other/stat_tot.sht; См. также: Статистика общего налета космонавтов // Сайт Русское географическое общество.
- [4] Штомпка П. Социология. Анализ современного общества / пер. с пол. С.М. Червонной. – 2-е изд. – М.: Логос, 2010. – С. 231.
- [5] Letter Agreement Between ASE Europe and International Space University Strasbourg. – Signed in Vienna, Austria, 14 February 2011. – 3 pp.

ДИСКУССИИ

DISCUSSIONS

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКЕ

Б.И. Крючков, В.М. Усов

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

Рассматриваются проблемные вопросы роботизации космической деятельности, перспективы внедрения технологий робототехники в пилотируемую космонавтику, использование андроида-робота-помощника экипажа при совместной внекорабельной и внутрикорабельной деятельности космонавтов.

Ключевые слова: внутри- и внекорабельная деятельность, роботизация, робот-помощник экипажа, андроид.

New Directions of Robotics for the Purposes of Manned Cosmonautics.

B.I. Kryuchkov, V.M. Usov

The paper discusses the issues of robotic application in space activity, the prospects of introducing the robotics technology in manned space exploration, the use of the android-type robot-assistant for crew support during joint intra- and extravehicular activity.

Keywords: intra- and extravehicular activity, robotic application, robotic assistant for crew support, android.

Введение

В научном журнале «Пилотируемые полеты в космос» № 4 за 2012 год опубликована статья О.С. Цыганкова и Д.В. Бабайцева «Заменит ли робот космонавта в операциях внекорабельной деятельности» [9]. В этой публикации освещены многие злободневные проблемы космической робототехники. Исходя из собственного богатого практического опыта обеспечения внекорабельной деятельности (ВнеКД) и разработки требований к скафандрам космонавтов для ВнеКД, авторы рассматривают новые пути интеграции робото-манипуляционных систем (РМС) в совместную деятельность с экипажем, компенсирующие известные недостатки прежних технологий. Помимо конкретных технических решений, о которых идет речь в статье, авторы представили свои общеметодологические установки, влияющие на выбор приоритетов развития космической робототехники. Дискуссия на эту тему представляется своевременной и, более того, актуальной, так как в пилотируемой космонавтике технологии робототехники вступают в период бурного развития. В то же время это развитие идет неоднородно. Например, РМС разрабатываются многими развитыми странами с передовой промышленной робототехникой, некоторые из них применяются на МКС. В то же время сегодня нет законченных решений по применению робота-помощника экипажа, особенно для внутрикорабельной деятельности (ВнуКД), хотя публикации на тему построения андроидных роботов составляют значительную часть этой тематики.

Упомянутая статья представляет собой удачный пример рассмотрения спектра вопросов, дающего стимул к поиску нестандартных решений в космической

робототехнике и уточнению методологических позиций по данному кругу проблем. Предлагается на этой основе рассмотреть в дополнение к ВнеКД вопросы применения робота-помощника экипажа для ВнуКД и спектр возникающих технических проблем.

От разделения и разграничения к симбиозу и интеграции робота-помощника в составе экипажа

Прежде всего, нам представляется чрезвычайно емким и конструктивным сформулированный в работе [9] тезис о том, что «космическую робототехническую систему» на борту пилотируемого космического комплекса (ПКК), включенную в сложную совместную деятельность с экипажем, необходимо рассматривать как «обновленную организационно-технологическую форму деятельности» (в том числе, в открытом космосе), «для замены человека»¹ или «для сотрудничества с человеком»², которое следует из трех основных законов робототехники³.

И далее цитируем: «Такой симбиоз ставит на повестку дня традиционную для системотехники задачу: эффективное распределение функций между человеком и роботом». Попробуем в этом месте дать комментарий к тезису о разделении функций и приоритетах, отдаваемых автоматам или человеку при освоении космоса.

Значительное число специалистов и, в частности, опытные космонавты, совершившие полеты различной сложности и продолжительности, полагают, что данный вопрос надо рассматривать не абстрактно (в философском плане), а с учетом конкретных этапов постановки и развития проектов космонавтики и на различных фазах жизненного цикла конкретных изделий. В самой ранней фазе, когда ситуация несет в себе слишком много неопределенности, неизвестны риски и пути их профилактики, а сами изделия еще достаточно «сырые» – преимущества человека-испытателя с его когнитивными и интеллектуальными возможностями более чем очевидны. Именно космонавт-испытатель прокладывает пути применения автоматов в определенном классе практических задач.

В дальнейшем по мере изучения вопроса, условий космической деятельности и по результатам испытаний отрабатываемых изделий появляется возможность автоматизации многих видов операций и работ [5, 7]. Важно, что при этом предусматривается взаимное резервирование человека и техники, что существенно повышает безопасность космического полета. Именно в такой постановке вопроса выступали на Круглом столе седьмого Международного аэрокосмического конгресса (IAC'12, Москва, 22 августа 2012 г.) практически все космонавты, участвовавшие в этой дискуссии [13].

Обращает на себя внимание сформулированный авторами [9] тезис применительно к «среднесрочным программам»⁴, о том, что «работы, возникающие как последствия нерасчетных ситуаций, в том числе ремонтно-восстановительные и аварийно-спасательные, **не могут быть автоматизированы**⁵ по определению». При этом одновременно указывается, что применительно к ВнеКД «необходи-

¹ В определенном спектре операций – *авт.*

² В подавляющем числе случаев – *авт.*

³ **Три закона робототехники** – обязательные правила поведения для роботов, впервые сформулированные Айзеком Азимовым в научной фантастике (в рассказе «Хоровод», 1942).

⁴ *Здесь* – дальнейшего строительства РС МКС – *авт.*

⁵ *Здесь* – выделение шрифта авторами работы [9]

мость качественных изменений труда космонавтов путем интеграции робототехники в его деятельность обусловлена не мировым бумом роботизации, а объективными причинами (технологическим и моральным устареванием техносферы ВнеВКД и прогнозом появления новых задач, которые не могут быть эффективно решены существующими средствами)».

Нам представляется, что данное положение в целом применимо не только к ВнеКД, но и к ВнуКД, но с некоторыми оговорками. Дело в том, что при возникновении некоторых видов ранее неотработанных технических отказов члены экипажа могут не владеть способами их устранения, и возникает задача разработки новых способов деятельности.

В этой ситуации для достижения цели восстановления нормального функционирования и работоспособности ПКК и его систем используются развитые средства моделирования НшС на Земле, включая отработку на стендах и тренажерах новых способов действий и рабочей документации разработчиками систем ПКК, дублерами и опытными космонавтами-инструкторами. Одновременно (при наличии такой возможности) усиливаются методы контроля деятельности экипажа специалистами Центра управления полетами (ЦУПа). Фактически такой же методический подход может быть применен и в случае использования робота-помощника на борту ПКК с тем существенным замечанием, что в данном случае не следует рассматривать робототехническую систему как жестко и однозначно «прошитую» программно-информационную конструкцию, без возможности модификаций как посредством передачи на борт ПКК новой, исправленной редакции программно-информационного обеспечения робота (так применительно к современным смартфонам и планшетам подобная процедура может осуществляться практически без участия пользователя по каналам беспроводной связи)⁶, так и в порядке модификаций силами тех членов экипажа, которые этому специально обучены и подготовлены для наладки и испытаний роботов на борту ПКК. Такая постановка имеет право на жизнь, если рассматривать робототехнические системы как часть высокотехнологичного оборудования, которое проходит в условиях космоса комплексные эргономические испытания и отладку и допускает вмешательство в ее функционирование высокоподготовленного космонавта. В дальнейшем, полученные в пилотируемой космонавтике решения будут распространяться для применения в наземных условиях так же, как это происходит сейчас в отношении использования наземных технологий для адаптации в космосе [8].

Более того, есть основания надеяться, что методом оцифровки и дальнейшей трансформации реальных исполнительных действий человека в цифровой образ для демонстрации того, как это может быть исполнено роботом (технология дополненной или обогащенной реальности), можно будет программировать наборы новых действий, которые необходимы в НшС с точки зрения экипажа. Это, кстати, дополнительный аргумент в пользу выбора конструкции андроида робота-помощника экипажа.

Один из вариантов решений, представленных в статье [9], который, на наш взгляд, заслуживает дальнейшей инженерно-технической проработки – «совершенствование компоновки рабочих мест, оснащение их средствами закрепления, т.е. фиксации космонавта в рабочем положении, предотвращающими бесконтрольный дрейф в пространстве или отделение от объекта». Здесь мы снова предлагаем отвлечься от рассмотрения только ВнеКД и фиксации космонавта вне

⁶ Так называемый режим “*transfer by air*”, с англ. – «без проводов»

ПКК, а рассмотреть эти проблемы применительно к прокладке маршрутов для мобильного робота внутри герметически замкнутого объекта и проблемы его фиксации в рабочей зоне. Показанная в работе [9] «гибридная» конструкция «Якорь», пригодная для фиксации ног космонавта, одетого в скафандр, возможно будет пригодна для фиксации «ног» робота.

Можно совершенно определенно сказать, что вопрос передвижения робота внутри ПКК до сих пор не получил достаточного освещения в доступной литературе. Как известно, Робонавт 2 (США) пока представлен только верхней половиной андроида и, скорее всего, задуман как «трансформер» с монтируемыми нижними конечностями в зависимости от той среды, в которой он будет применяться. Имеются в Интернете синтезированные изображения, на которых Робонавт 2 смонтирован на тележке с обычными колесными приводами для передвижения на поверхности Марса. Для применения при ВнеКД один из вариантов построения космического робота-андроида – Робонавт 2 будет перемещаться с помощью манипулятора типа дистанционного манипулятора МКС, представляющего собой длинную гибкую «руку», на которую «насаживается» Робонавт 2. Тем самым происходит синтез в единую робототехническую систему двух манипуляционных роботов.

Если выбрать в качестве базового решения установку по всей внутренней поверхности ПКК поручней и фиксаторов для «ног» робота типа «Якорь», то соответствующим образом изменятся требования к «биомеханике» передвижения андроида: оно может быть в форме шагов или перехватов «рук» робота, или, возможно, по типу переворотов всего тела.

Перемещение технологического робота при ВнеКД может осуществляться посредством транспортных устройств и грузового манипулятора [9]. Применительно к ВнутКД эти варианты трудно осуществимы, здесь придется, скорее всего, обходиться «собственными средствами шагания по реперным точкам или магистральным линиям» (в случае существующей орбитальной станции – по поручням) [9]. Ответ на все эти многочисленные вопросы проектирования может дать только моделирование всех вариантов передвижения внутри помещения. Представляется, что сегодня эти вопросы приобретают особую остроту и требуют новых идей и предложений.

Чрезвычайно интересный круг вопросов, освещенных в работе [9], связан с изучением в процессе ВнеКД последствий непреднамеренного столкновения космонавтов, одетых в скафандр, с оборудованием. Кроме того, рассматриваются отдельные вопросы амплитудно-силовых характеристик при задании разных степеней свободы для конечностей человека в скафандре. Такие же вопросы возникают при использовании роботов как во ВнеКД, так и при ВнутКД. До сих пор не исследованы в должном объеме вопросы, с какими ограничениями по кинематическим параметрам необходимо проектировать роботов-андроидов, какие повреждения они могут нанести отдельным конструкциям, каковы должны быть ограничительные зоны для опасного сближения с космонавтами в случаях непреднамеренного столкновения. Необходимо, кроме того, понимать, какие погрешности дает система управления движением мобильного робота.

Приведенные выше соображения показывают, что в числе узловых проблем применения робота-помощника для ВнутКД необходимо рассматривать проблему перемещения внутри герметически замкнутого объекта и фиксации на определенных этапах этого передвижения, особенно в тех случаях, когда построение рабочей зоны имеет сложную конфигурацию, малый объем и когда сама зона может быть загромождена агрегатами. В этой ситуации полезно обратиться к известным

отечественным разработкам [1–4, 7, 11]. Исследования в этом направлении ведутся во многих институтах РАН, среди которых Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, Институт машиноведения им. А.А. Благодравова, Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН, Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН и другие.

Как известно, и в земных условиях имеется потребность в мобильных роботах, способных двигаться по поверхностям с произвольным наклоном, а также по стенам и потолкам [7, 11]. В Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (ИПМ РАН) разработано несколько типов мобильных роботов для перемещения по поверхностям произвольного наклона [11]. Фиксация таких роботов на поверхности осуществляется с помощью вакуумных захватов (присосок), которые располагаются на стопах робота, если он шагающий, или выполнены в виде полостей со скользящим уплотнением в зоне контакта с поверхностью, если робот передвигается с помощью колес. Прижатие робота к поверхности происходит за счет разности давлений воздуха в полости захвата и в окружающей атмосфере. Если прижимающая сила достаточно большая, робот не оторвется от поверхности, а трение не позволит ему соскальзывать. Упомянутый ИПМ РАН совместно с Московским государственным технологическим университетом «Станкин» (МГТУ) разрабатывает гамму роботов такого типа грузоподъемностью от 1,5 до 50 кг для выполнения технологических операций на предприятиях машиностроения [3, 11]. Предполагается, что роботы оснащены сменным оборудованием для механической обработки, резки, покраски и неразрушающего контроля протяженных поверхностей. Они смогут, например, использоваться для обслуживания и технической инспекции корпусов судов в доках, а также больших емкостей в нефтяной и газовой промышленности.

Также специалистами упомянутого ИПМ РАН [3, 11] разработан многозвонный мобильный робот, который способен передвигаться по поверхностям со сложным рельефом, переходить с одной поверхности на другую (например, со стены на потолок), преодолевать препятствия и разрывы на поверхности перемещения. На концевых звеньях робота имеются стопы с вакуумными захватами. Движение робота осуществляется с помощью электроприводов, расположенных в шарнирах, соединяющих звенья. Чем больше звеньев, тем более гибок робот в реализации своих движений. Робот имеет модульную конструкцию, число звеньев может изменяться пользователем в зависимости от потребностей.

Представляется, что на базе существующих решений может быть разработан прототип для изучения возможностей перемещения робота-помощника экипажа ПКК внутри гермообъекта. Возможно, что в данном случае также потребуются некоторое комбинированное решение. Если будет нецелесообразно оснащать сам мобильный робот-помощник экипажа средствами фиксации по типу вакуумных захватов (присосок), то это можно будет сделать для миниатюрного «робота-лоцмана», способного оперативно перемещаться внутри отсеков ПКК, фиксироваться в нужной рабочей зоне, а затем подтягивать к себе робота-помощника экипажа (например, с помощью лебедочного троса). Робот-помощник экипажа в данной конструкции выступает как база размещения миниатюрного «робота-лоцмана», и таких лоцманов может быть несколько, если их тяга окажется недостаточной для перемещения основного мобильного робота. При этом необходимо решить, каким образом обеспечить перемещение мобильных роботов по определенной траектории, безопасной для окружающих «внутрикабинных» агрегатов.

Кроме того, должны быть предусмотрены средства контроля приближения к человеку для оповещения экипажа и прекращения движения в случае опасного сближения. Здесь намечается целый комплекс вопросов обеспечения безопасности работ и движения мобильных роботов на борту ПКК.

Заключение

Мобильные роботы рассматриваются как перспективные для применения в пилотируемой космонавтике. В представленной работе приведено только одно из гипотетических решений поставленных проблемных вопросов. Цель данной, инициирующей последующую дискуссию статьи – показать, что разработки отечественных ученых конца 90-х годов XX и первого десятилетия XXI веков до сих пор имеют непреходящее значение, и на определенном историческом этапе были недостаточно востребованы в пилотируемой космонавтике. Поэтому сегодня целесообразно вновь обратиться к зарекомендовавшим себя в земных условиях решениям [8]. Как один из прототипов для перемещения в условиях микрогравитации на ПКК могут рассматриваться роботы «вертикального перемещения» [1].

В последнее время большое внимание в разных странах уделяется созданию автономных робототехнических систем, способных перемещаться в сложной обстановке при наличии препятствий. В этом плане очень важным направлением работ является усовершенствование захватных устройств. Для движения по поверхностям сложной конфигурации, включающим горизонтальные и вертикальные участки, большое значение приобретает создание комбинированных мобильных систем, содержащих модули вертикального и горизонтального перемещений с узлами их сопряжения. Помимо представленных в статье отечественных работ по данной теме, необходимо отметить, что существенных результатов с промышленным применением роботов вертикального перемещения достигли такие фирмы, как «Tokyo Gaze Limited», «Hitachi» (Япония), «International Robotic Technology» (США) и другие (цит. по [7]).

В работах [5, 6] отмечается, что дальнейшее развитие этого направления в робототехнике требует выполнения исследований, направленных на повышение маневренности, автономности и мобильности роботов, улучшение их интеллектуальных свойств, расширение технологических возможностей. Повышение интеллектуальных качеств мобильных роботов достигается постановкой соответствующих датчиков (локационных, тактильных, технического зрения и др.), организацией обратной связи, разработкой специальных алгоритмов движения, использованием баз данных о внешней среде.

По-прежнему остается остро актуальным рассмотрение путей повышения качества интерфейса при управлении мобильным роботом в сложно организованных средах, информация о которых должна постоянно обновляться в связи с функционированием в ней активных интеллектуальных агентов типа роботов-помощников [5, 6, 13]. Поскольку о самостоятельной поведенческой активности мобильных роботов пока речь не идет, актуальными остаются практические ситуации, когда управляющий роботом космонавт имеет возможность не просто участвовать в принятии решений о целесообразных действиях данного робота в данной ситуации, но может определять уровень автономности робота. Удачным в этом отношении является термин «скользящая» или «контролируемая автономность» [12], которая, помимо пространственно-временного контроля робота, включает контроль синхронизации операций согласно стратегически определенной цели деятельности.

Обеспечить комфортные условия участия человека при управлении роботом могут соответствующие реализации интерфейса пользователя, опираясь на распознавание и синтез речевой и визуальной информации, использование технологий виртуальной реальности для представления пространственной информации о среде функционирования робота [6]. Помимо показателей комфортности, эргономичности и экономичности, для пилотируемой космонавтики особое значение имеет показатель безопасности полета, что обеспечивается всесторонним учетом психофизиологических и психологических знаний при проектировании сложных видов совместной деятельности космонавтов в экипаже. Применение роботопомощников также должно существенным образом учитывать эти ограничения и способствовать снижению рисков неблагоприятных событий в космическом полете, связанных с человеческим фактором.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Градецкий В.Г. Роботы вертикального перемещения [Текст] / В.Г. Градецкий, М.Ю. Рачков – М.: Тип. Мин. Образования РФ, 1997. – 223 с.
- [2] Градецкий В.Г. Анализ параметров движения миниатюрных многозвенных роботов с электромагнитными двигателями [Текст] / В.Г. Чашухин, О.Н. Каменева // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – № 11. – С. 58–65.
- [3] Градецкий В.Г. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированным в пространстве поверхностям. [Текст] / В.Г. Градецкий, В.Б. Вешников, С.В. Калининченко, Л.Н. Кравчук. – М.: Наука, 2001. – 359 с.
- [4] Градецкий В.Г. Механика миниатюрных роботов. / М.М. Князьков, Л.Ф. Фомин, В.Г. Чашухин. – М.: Наука, 2010. – 271 с.
- [5] Крикалёв С.К. Пилотируемые полеты: от Ю.А. Гагарина к МКС и полетам в дальний космос [Текст] / С.К. Крикалёв, Б.И. Крючков, А.А. Курицын // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(2). – 2011. – С. 6–20.
- [6] Крючков Б.И. Особенности диалогового взаимодействия космонавтов с роботопомощником экипажа космического комплекса при решении полетных задач [Текст] / Б.И. Крючков, В.М. Усов [Текст] // Седьмой Международный аэрокосмический конгресс. Тезисы докладов. – М.: Изд. Хоружевский А.И. – С. 457–458.
- [7] Побегайлов О.А. Мобильные роботы вертикального перемещения / О.А. Побегайлов, И.В. Кравченко, С.О. Кожуховский // Инженерный Вестник Дона. – № 4. – 2010. – С. 85–95. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/ Date: 20/09/2012.
- [8] Ревко П. Искусственные интеллектуальные системы и повседневная жизнь человека. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 130 с.
- [9] Цыганков О.С. Заменит ли робот космонавта в операциях внекорабельной деятельности [Текст] / О.С. Цыганков, Д.В. Бабайцев [Текст] // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(4). – 2012. – С. 74–87.
- [10] Чашухин В.Г. Моделирование динамики и определение управляющих параметров внутритрубного миниробота. // Теория и системы управления. – 2008. – № 5. – С. 142–147.
- [11] Черноусько Ф.Л. Роботы используются работниками спецслужб: Сотрудники института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН о современной робототехнике / Ф.Л. Черноусько, Н.Н. Болотник, В.Г. Градецкий, Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН // Издание «Газета», электронная версия от 23.04.12 URL: http://www.gazeta.ru/science/2012/04/23_a_4559873.shtml Date: 20/09/2012 и в архиве лекций <http://www.gazeta.ru/science/lecturers/4559869.shtml> Date: 20/09/2012.

- [12] Heger Frederik W. Results in sliding autonomy formulti-robot spatial assembly / Heger Frederik W., Hiatt Laura M., Sellner Brennan, Simmons Reid, Singh Sanjiv (The Robotics Institute, Carnegie Melon University, Pittsburgh, U.S.A.) // Proceedings of i-SAIRAS 2005: The 8 International Symposium on Artificial Intelligence, Robotics and Automation in Space, Munich, 5–8 Sept., 2005. – Noordwijk: ESTEC, 2005. – С. 448–455. – (ESA SP. ISSN 1609-042X. №603). Цит. по: Управление подвижными объектами. Библиографический указатель. В 3-х выпусках. Вып.1. Космические объекты / Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – М., 2011. – 268 с.
- [13] Seventh International Aerospace Congress IAC'12. Dedicated to the 55th Anniversary of the launch of the First Artificial Satellite of the Earth Section 21. Professional activities of human space and aviation complex's crew (selection process, preparation, flight, rehabilitation). Round table discussion. Lomonosov Moscow State University 27, Lomonocov Ave., Moscow August 27, 2012. URL: <http://www.fund.ru/congress/eng/iac2012.shtml> Date: 20/09/2012.

ОБЗОРЫ

OVERVIEWS

ОБЗОР МЕХАНИЗМОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕГРУЗОК НА ОРГАНИЗМ КОСМОНАВТОВ

В.Н. Алексеев, Е.А. Кобзев, В.Н. Киршанов

Канд. мед. наук В.Н. Алексеев; канд. мед. наук Е.А. Кобзев; В.Н. Киршанов
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены вопросы воздействия перегрузки на организм космонавтов при вращении центрифуги. Систематизированы механизмы воздействия перегрузок на различные органы чувств и функциональные системы организма человека. Рассмотрены возможности современных центрифуг по имитации основных факторов космического полета.

Ключевые слова: перегрузка, центрифуга, организм человека, влияние перегрузки.

Overview of Mechanisms of Overload Effects on a Cosmonaut's Body.

V.N. Alekseev, E.A. Kobzev, V.N. Kirshanov

The article considers the questions of overload effects on a cosmonaut's body when rotating a centrifuge. Mechanisms of overload effect on different sense organs and body functional systems are systematized. The capabilities of modern centrifuges to simulate the main factors of space flight are considered.

Keywords: overload, centrifuge, human body, overload effect.

При полете человека в космос в кабине корабля могут быть созданы почти все необходимые для жизни условия, устраняющие или ослабляющие действие вредных факторов космического пространства, за исключением действия перегрузки и невесомости.

Представление о механизме действия перегрузок на человека, средствах и способах защиты от воздействия перегрузок имеет важное значение для повышения устойчивости космонавтов к воздействию перегрузок и улучшению их работоспособности в этих условиях.

История применения центрифуг в различных областях науки насчитывает два столетия.

Эразм Дарвин (1724–1796 гг.), дед Чарльза Дарвина, по-видимому, был первым, кто применил центрифугу (ЦФ) в исследованиях с людьми для их лечения.

Доктор Хорн (1818 г.) из госпиталя Шарите в Берлине создал ЦФ короткого радиуса для лечения нервно-душевнобольных людей.

В 70-х годах XIX века К.Э. Циолковский проводил опыты с животными и насекомыми, подвергая их вращению на центрифуге, целью которых было определение влияния на организм больших перегрузок, с которыми человек столкнется при исследовании околоземного и космического пространства.

В 1896 году русский ученый Бехтерев в опытах с животными изучал деятельность головного мозга и состояние кровообращения при длительном вращении их на ЦФ, а также влияние ускорений на центральную нервную систему.

В конце XIX века Ф. Венуш использовал вращающийся стол для лечения больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями [1].

Развитие авиации, увеличение скоростей, необходимость выполнения маневров в воздухе на больших скоростях требовали решения проблемы сочетания выносливости человека с техническими возможностями самолета. В связи с этим возникли задачи отбора и тренировки летного состава, связанные с воздействием перегрузок на организм человека.

С 1937 года центрифуги в нашей стране стали применяться при обучении военных летчиков, а с 1959 года использовались для тренировок космонавтов.

Терминология и классификация

Ускорение возникает при изменении скорости или направления движения тела. Величина ускорения измеряется в m/c^2 или кратным отношением к скорости свободно падающего в безвоздушном пространстве тела ($9,81 m/c^2$) и определяется действующей на тело силой и его массой и обозначается буквой g (gravitas – тяжесть).

Прямолинейные ускорения возникают при увеличении или уменьшении скорости движения без изменения его направления, а радиальные или центростремительные ускорения – при изменении направления движения тела.

Ускорения в зависимости от времени их действия условно делятся на ударные (до десятых долей секунды) и длительные. Направление сил инерции всегда противоположно направлению ускорения. В отечественной медицине и биологии инерционные силы называют перегрузкой. Перегрузки не имеют размерности и выражаются относительными единицами, по существу показывающими, во сколько раз увеличился вес тела при данном ускорении по сравнению с обычной земной гравитацией, т.е. это отношение динамического веса к его статическому весу в покое или при равномерном прямолинейном движении.

В зависимости от направления действия перегрузок по отношению к вертикальной оси тела человека их разделяют на продольные и поперечные. При направлении вектора перегрузки от головы к ногам говорят о положительных $+G_z$, а при направлении от ног к голове – об отрицательных перегрузках $-G_z$. При направлении вектора перегрузки перпендикулярно к продольной оси туловища от груди к спине – говорят о положительных поперечных перегрузках и обозначают символом $+G_x$, а от спины к груди – об отрицательных поперечных перегрузках и обозначают символом $-G_x$. Боковые поперечные перегрузки обозначаются как $+G_y$ (справа налево) и $-G_y$ (слева направо).

Центр массы и направление осей в системе координат летательного аппарата не совпадают с центром массы и направлением соответствующих осей тела человека, относительно которых рассчитываются векторы инерционных влияний на человека. Направление вектора перегрузки имеет важное значение для определения характера ответных реакций организма человека.

Симптоматика и механизм действия

Реакция человека на перегрузки определяется их величиной, градиентом нарастания, временем действия, направлением по отношению к магистральным кровеносным сосудам тела, а также исходным функциональным состоянием человека. В зависимости от характера, величины и сочетаний указанных факторов в организме могут возникать изменения от едва уловимых функциональных сдвигов до крайне тяжелых состояний, сопровождающихся полной потерей зрения и сознания при наличии глубоких расстройств функций сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем организма.

Общие изменения в состоянии человека при действии перегрузок проявляются ощущением тяжести во всем теле, вначале затруднением, а при нарастании величины перегрузки и полным отсутствием движений, особенно в конечностях, в некоторых случаях болевыми ощущениями в мышцах спины и шеи, а при воздействии перегрузки $+G_x$ – затруднением дыхания. Происходит четко выраженное смещение мягких тканей и их деформация. Во время длительного воздействия больших перегрузок на незащищенных противодавлением участках тела могут появиться кожные петехиальные кровоизлияния в виде точек или больших пятен.

Механизм действия положительных и отрицательных перегрузок сложен и обусловлен первичными эффектами, вызываемыми инерционными силами. Наиболее важными из них являются следующие: перераспределение крови, смещение органов и деформация тканей, являющихся источниками необычной импульсации в центральную нервную систему (ЦНС), нарушением кровообращения, дыхания и стресс-реакцией. Развивающиеся гипоксемия и гипоксия влекут за собой расстройства функции ЦНС, сердца, эндокринных желез. Нарушается биохимизм жизненных процессов. Могут наступить повреждения клеточных структур обратимого или необратимого характера, выявляемые цитохимическими и гистологическими методами.

Сердечно-сосудистая система

Нарушения кровообращения во время действия перегрузок наиболее значимы и им принадлежит ведущее место в генезе физиологических реакций. Эти нарушения связаны с перераспределением циркулирующей крови, обладающей наибольшей возможностью к смещению. Степень перераспределения крови и обусловленные им общие сдвиги в гемодинамике определяются, главным образом, направлением действия перегрузок. Наибольшие изменения общей гемодинамики происходят при действии продольных перегрузок $\pm G_z$, и наименьшие – при поперечных $\pm G_x$ перегрузках, что объясняется расположением магистральных кровеносных сосудов вдоль продольной оси тела. При воздействии перегрузок от головы к ногам ($+G_z$) происходит перемещение массы крови из сосудов, расположенных в верхней части тела, в сосуды брюшной полости и нижних конечностей. В результате такого распределения крови изменяется кровяное давление: в сосудах, расположенных ниже уровня сердца, оно повышается, а выше – понижается, растет гидростатическое давление. В этих условиях приток крови по венам к сердцу будет затруднен, уменьшается количество выбрасываемой сердцем крови. Нарушается коронарный кровоток, на рентгенограммах отчетливо выявляется уменьшение всех размеров сердца. Снижается кровоток во внутренних органах брюшной полости. Уменьшается объем циркулирующей крови. В результате возникает циркуляторная гипоксия мозга и органов чувств. Это сопровождается расстройствами зрения и может привести к потере сознания. Нарушенная гемодинамика сердца частично проявляется в изменениях элементов ЭКГ. Сложность генеза, величина и время действия перегрузок обуславливают полиморфность изменений ЭКГ. В большинстве случаев имеют место синусовая тахикардия, нарушения внутрисердечной проводимости, изменения возбудимости и трофики миокарда. Нарушения ритма проявляются чаще всего в виде атриовентрикулярной блокады или экстрасистолами различного характера и топики.

При действии перегрузки в направлении от ног к голове ($-G_z$) перемещение крови происходит в обратном направлении, отчего кровь скапливается в верхней

части туловища и кровяное давление выше уровня сердца резко повышается, что сопровождается рефлекторным учащением, а затем урежением пульса ниже исходных величин, красной пеленой в глазах.

Изменения общей гемодинамики при действии поперечно-направленных перегрузок выражены значительно меньше, чем при продольных. Однако строго поперечное (90°) расположение человека по отношению к суммарному вектору перегрузки в практике не используется, так как в подавляющем большинстве случаев человек находится в положении с тем или иным наклоном спинки кресла, что создает продольную составляющую. Поэтому при действии поперечных перегрузок величина этой продольной составляющей и определяет величину сдвигов общей гемодинамики. Кроме того, необходимо учитывать, что многие органы и ткани обладают чрезвычайно развитой сетью сосудов с более или менее равномерным распределением их по всем направлениям. Поэтому перемещение крови в пределах того или иного органа будет возникать при любом направлении инерционных сил, что может привести к региональному расстройству кровообращения.

Сложные перестройки в системе гемодинамики с включением механизмов компенсации приводят к учащению сердечной деятельности. Существует четкая зависимость между величиной перегрузки и частотой сердечных сокращений (ЧСС). У человека в зависимости от величины перегрузки ЧСС достигает 130–180 уд./мин, редко 190–200 уд./мин и более.

Выявить корреляцию между степенью учащения сердечного ритма и переносимостью перегрузок не удалось. Срыв компенсации в виде прогрессирующей брадикардии может наступить при различной ЧСС.

При действии поперечных перегрузок $+G_x$ экстрасистолы встречаются чаще, чем при продольных $+G_z$.

При действии перегрузок $+G_x$ происходят значительные изменения в гемодинамике малого круга кровообращения, которые состоят в перераспределении крови в системе легочной артерии.

Нарушение кровообращения в малом круге приводит в первую очередь к расстройству поступления кислорода из альвеолярного воздуха в кровь. Изменения нормальных условий гемодинамики в малом круге кровообращения и снижение насыщения крови кислородом позволяют предполагать, что сердце может находиться в условиях гипоксии.

Таким образом, воздействие перегрузок вызывает изменение частоты и силы сердечных сокращений, ударного и минутного выброса сердца, приводит к изменению артериального и венозного давления, общей и региональной скорости кровотока, создает выраженное перераспределение циркулирующей крови и обуславливает целый ряд физиологических сдвигов.

Дыхательная система

Влияние перегрузок на функцию внешнего дыхания определяется не только величиной и временем действия, но и направлением вектора перегрузки по отношению к вертикальной оси тела. При этом главные эффекты обусловлены изменением биомеханики дыхательного акта, а также увеличением гидростатического давления в легких.

При действии перегрузки $+G_z$ установлено прогрессирующее увеличение частоты дыхания (ЧД), дыхательного и минутного объема. Возрастает потребление кислорода, выделение углекислоты.

Более существенное значение функция внешнего дыхания имеет при воздействии перегрузок $+G_x$, переносимость которых часто лимитируется дыхательными расстройствами. Дыхательный объем увеличивается до $+4,0 G_x$ иногда до $+6,0 G_x$, а затем начинает уменьшаться. Минутный объем умеренно увеличивается, в основном вследствие учащения дыхания.

Жизненная емкость легких падает и при больших перегрузках приближается к нулю. Таким образом, гидростатические эффекты перегрузок любого направления приводят к неравномерности вентиляции и кровотока в легких и, следовательно, к нарушению артериальной оксигенации крови.

Непосредственным результатом нарушений работы дыхательной системы при воздействии перегрузки $+G_x$ являются сдвиги со стороны газообмена, которые выражаются в снижении потребления кислорода и выведения углекислоты в момент действия перегрузки с последующим резким увеличением обоих показателей в период последствия.

Зрительный анализатор

Орган зрения весьма чувствителен к действию перегрузок $+G_z$. В зависимости от величины и продолжительности действия перегрузки $+G_z$ в нарушениях зрения выделяют две основные фазы: первая – ухудшение периферического зрения (сужение полей зрения), которая характеризуется как «серая пелена»; вторая – потеря центрального зрения – «черная пелена». Появление указанных фаз зависит как от физических параметров действующих перегрузок, так и от функционального состояния организма.

В практике авиационной медицины зрительные расстройства используются в качестве достоверного критерия переносимости человеком перегрузок. Существенное значение имеет поза человека в кресле, определяющая ретикуло-аортальную составляющую (по оси – сетчатка глаза – дуга аорты), которая имеет решающее значение в развитии преходящих зрительных расстройств.

Основным механизмом временного нарушения зрения является расстройство региональной гемодинамики и развитие гипоксии сетчатки.

Центральная нервная система

Перегрузки являются стрессовым фактором для ЦНС, функция которой нарушается уже при величинах $+2,0-3,0 G_z$.

Исследование высшей нервной деятельности показало, что при нарастающем действии перегрузки $+G_z$ прежде всего страдает процесс внутреннего торможения, затем отмечается удлинение скрытых периодов рефлексов на условные раздражители, возникают фазовые явления и, наконец, наступает полное торможение условных рефлексов.

Эндокринная система

При перегрузках $\pm G_z$ изменения функции ряда эндокринных желез носят фазовый характер, который обусловлен величиной и особенно продолжительностью действия, а также исходным функциональным состоянием.

Следовательно, функциональное состояние желез внутренней секреции, с одной стороны, может существенно изменяться при действии перегрузок, а с другой – может изменять резистентность организма к перегрузкам.

Желудочно-кишечный тракт

Действие перегрузок $+G_z$ и $+G_x$ вызывает существенное изменение функций органов пищеварительного тракта. Происходит торможение эвакуаторной функции желудка и кишечника. Секреторная функция носит фазный характер: вначале она тормозится, затем происходит ее повышение, при этом в кишечном секрете увеличивается количество плотных составных частей. Восстановление секреторной функции происходит в течение 2–4 недель.

Система крови

Перегрузки оказывают влияние не только на перераспределение крови в организме, но и на ряд показателей, характеризующих морфологические, химические и физические ее свойства. Изменения в системе крови происходят даже при сравнительно небольших величинах перегрузок. Они касаются как физико-химических, так и биохимических ее показателей. Установленные изменения в соотношении плазмы и форменных элементов крови указывают на уменьшение объема циркулирующей крови, увеличение белка, плазмы и гематокрита, повышение удельного веса, щелочности, а также на ряд изменений в содержании электролитов и ферментов. Отмеченные изменения наблюдались от нескольких минут до нескольких суток.

Устойчивость к перегрузкам есть способность человека выдерживать перегрузки без патологических реакций, которые могут вызвать нарушение работоспособности, зрения, утомление, потерю сознания, головную боль, боль в области шеи, резко выраженные аритмии.

Устойчивость определяется рядом физических, анатомо-физиологических и психических факторов. Среди физических факторов существенное значение имеют направление результирующего вектора перегрузки по отношению к продольной оси тела, градиент нарастания перегрузки, его величина и время действия. Наиболее важными анатомо-физиологическими и психическими факторами являются конституция человека, возраст, степень общей и специальной тренированности, психофизиологическая подготовка, мотивация на преодоление перегрузки, состояние здоровья.

На основании вышеизложенного, а также необходимости дальнейшего совершенствования отбора и подготовки космонавтов, в 1981 году в Центре подготовки космонавтов была построена и введена в действие уникальная центрифуга с плечом 18 метров.

Принципиальной ее особенностью является расположение кабины на управляемом трехступенном карданном подвесе, что позволяет с помощью программного управления центрифугой синхронно осуществлять следующие операции:

- создание неравномерным вращением центрифуги центробежной силы, циклически изменяющей направление суммарного гравито-инерционного вектора в заданном диапазоне;
- выдерживание постоянной величины угла между меняющимся направлением суммарного гравито-инверсионного вектора и фронтальной плоскостью человека;
- воздействие избыточного давления на нижнюю половину тела при перпендикуляром гравито-инерционному вектору положении туловища в оптически замкнутой кабине [2].

На сегодня центрифуга ЦФ-18 по составу оборудования и внедрению новых технологий является одной из современных в Российской Федерации. Это единст-

венный тренажер, позволяющий осуществлять сквозное поэтапное моделирование космического полета: выведение транспортного пилотируемого корабля на орбиту, «физиологическая» невесомость и управляемый и неуправляемый спуск корабля с орбиты. При моделировании этих условий человек не ощущает изменений положения тела в пространстве, или его ощущения иллюзорны. Возникающие у него субъективные и объективные реакции соответствуют реакциям организма, наблюдаемым у космонавтов в реальной невесомости.

В последние годы у космонавтов на ЦФ-18 отрабатываются стойкие навыки ручного управления спускаемым аппаратом на атмосферном участке полета.

В кабине ЦФ также возможно создавать условия, характерные для барокамеры (воздействия умеренных степеней гипоксии) и термокамеры (переносимость высоких температур). Физиологическое оборудование ЦФ-18 позволяет контролировать и оценивать физиологические показатели, регистрируемые у человека, находящегося в кабине под воздействием перегрузки. К ним, в основном, относятся частота пульса и дыхания, артериальное давление, электрокардиограмма, показатели мозгового кровообращения, зрительного анализатора и операторской деятельности. В контроле за состоянием человека широко используются телевизионные видеосистемы и компьютерные технологии.

В настоящее время планируется расширение задач по использованию центрифуги, в том числе:

- сквозное моделирование пилотируемых полетов в дальний космос (Луна, Марс);
- постановка и реализация эксперимента на тренажере ТС-18 с участием космонавтов, выполнивших космический полет (на начальном этапе реабилитации);
- исследование по созданию тренажеров управляемого спуска по ПТК НП;
- ознакомление групп ОКП и МКС с условиями космических полетов по схеме сквозного моделирования;
- повышение адекватности моделирования старта и посадки ТПК «Союз»;
- моделирование перегрузок с управлением ими космонавтами из кабины центрифуги с целью ознакомления космонавтов, кандидатов в космонавты с условиями воздействия перегрузки, выработки устойчивых навыков и поведенческих реакций организма на воздействие перегрузки и ускорения в режиме самостоятельного управления перегрузкой;
- медицинская экспертиза летчиков истребительной авиации;
- медицинская экспертиза и подготовка к условиям воздействия ускорений и перегрузок спортсменов (саночники, бобслеисты, летающие лыжники);
- использование центрифуги в сотрудничестве с ЕКА в интересах подготовки к перспективным длительным полетам в космос;
- моделирование условий и исследования по оценке воздействия некомпенсированных угловых ускорений на организм пассажиров и операторов транспортных средств (железнодорожный, автомобильный и морской транспорт).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Котовская А.Р. Исторический анализ использования (применения) центрифуг // 1-й Научно-технический семинар по проблеме эксплуатации центрифуг. Тезисы докладов «Проблемы эксплуатации центрифуг и их применения для подготовки космонавтов» 2004 г., Звездный городок, Россия.
- [2] Александров В.В., Бурдин Б.В., Воронин Л.И., Каспранский Р.Р. Моделирование сенсорного конфликта невесомости // Тезисы докладов на 1-ю Международную авиакосмическую конференцию. – М., 1992. – С. 198–199.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION

ЗАРЕГИСТРИРОВАН КОСМИЧЕСКИЙ РЕКОРД

The Space Record is Registered

В копилку достижений России мирового уровня в области космической деятельности добавилось еще одно – абсолютный мировой рекорд суммарной продолжительности космических полетов 803 суток 09 часов 39 минут 09 секунд.

Абсолютный мировой рекорд установлен 11 октября 2005 года летчиком-космонавтом России Сергеем Константиновичем Крикалёвым после окончания его шестого космического полета. Шесть космических полетов Сергей Крикалёв выполнил в период с 1988 года по 2005 год. Сегодня С.К. Крикалёв возглавляет Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

Свой первый космический полет Сергей Крикалёв выполнил в составе основной экспедиции на орбитальную станцию «Мир» (ЭО-4), стартовав на корабле «Союз ТМ-7» 26 ноября 1988 года с командиром Александром Волковым и французским астронавтом Жан-Лу Кретьеном. Первый же космический полет С.К. Крикалёва был длительным – 151 сутки.

Во втором космическом полете в составе основной экспедиции на ОС «Мир» (ЭО-9) С.К. Крикалёв побил свой собственный рекорд продолжительности космического полета более чем вдвое – 311 суток. Сергей Крикалёв стартовал на корабле «Союз ТМ-12» 18 мая 1991 года. Командиром корабля был советский космонавт Анатолий Арцебарский, вторым бортинженером – астронавт Хелен Шарман.

Третий космический полет Сергей Крикалёв совершил на борту американского шаттла Дискавери (STS-60) с 3 по 11 февраля 1994 года. Это был первый совместный американо-российский полет на корабле многоразового использования, а Сергей Крикалёв стал первым российским космонавтом, совершившим полет на американском шаттле.

Четвертый космический полет Сергей Крикалёв совершил на борту американского шаттла Дискавери (STS-88) со 2 по 14 декабря 1998 года. Это был первый пилотируемый полет к создаваемой Международной космической станции, а Сергей Крикалёв был среди тех, кто во время выхода в открытый космос выполнял работы по «оживлению» станции.

31 октября 2000 года с космодрома Байконур на борту ТПК «Союз ТМ-31» стартовала 1-я основная экспедиция на Международную космическую станцию в составе командира ТПК «Союз ТМ-31» Юрия Гидзенко (Россия), бортинженера-2 ТК «Союз ТМ-31», командира МКС Уильяма Шеперда (США), бортинженера-1 ТК «Союз ТМ-31», бортинженера МКС Сергея Крикалёва (Россия). Основными задачами космического полета являлись расконсервация и дооснащение Международной космической станции, подготовка станции к непрерывной эксплуатации в пилотируемом режиме. Продолжительность пятого космического полета Сергея Крикалёва составила 140 суток.

15 апреля 2005 года с космодрома Байконур на борту ТПК «Союз ТМА-6» стартовала 11-я основная экспедиция в составе командира МКС, командира ТПК

«Союз ТМА-6» Сергея Крикалёва (Россия), бортинженера МКС, бортинженера-2 ТПК «Союз ТМА-6» до стыковки, бортинженера-1 ТПК «Союз ТМА-6» на спуске Джона Филлиппса (США), бортинженера-1 Роберто Виттори (ЕКА). Для Сергея Крикалёва это был уже шестой полет в космос. Продолжительность полета составила 179 суток.

11 октября 2005 года Сергей Крикалёв завершил свой шестой полет, вернувшись на Землю с Международной космической станции в спускаемом аппарате корабля «Союз ТМА-6» после полугода на орбите. Этим полетом он установил мировой рекорд по общей продолжительности пребывания в космосе и рекорд по количеству космических полетов среди советских и российских космонавтов.



Абсолютный мировой рекорд, установленный Сергеем Крикалёвым, утвержден Международной авиационной федерацией (ФАИ, г. Лозанна, Швейцария) в декабре 2012 года. Предыдущее достижение суммарной продолжительности космических полетов, 747 суток 11 часов, установленное 28 августа 1999 года, принадлежало летчику-космонавту России Сергею Авдееву.

Сергей Крикалёв является Героем Советского Союза (1989 г.) и Героем Российской Федерации (1992 г.), он награжден орденами и медалями, имеет почетное звание «Летчик-космонавт СССР» (1989 г.), является заслуженным мастером спорта России. Его достижения, профессиональные и спортивные, были отмечены Дипломом ФАИ.

Федерация космонавтики России, ветераны и коллектив Центра подготовки космонавтов поздравляют Сергея Крикалёва с этим достижением и желают ему крепкого здоровья, творческого долголетия и дальнейших космических успехов.

Федерация космонавтики России, пресс-служба ЦПК, фото ЦПК и ФКР

60 ЛЕТ В.Г. КОРЗУНУ**V.G. Korzun
60-Year Anniversary**

5 марта 2013 года исполнилось 60 лет летчику-космонавту, Герою Российской Федерации, генерал-майору запаса, начальнику 1-го управления федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский испытательный Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» Корзуну Валерию Григорьевичу.

В.Г. Корзун родился в городе Красный Сулин Ростовской области. После окончания Качинского высшего военного авиационного училища летчиков имени А.Ф. Мясникова, с 1974 по 1984 годы служил в Военно-воздушных силах в Прибалтийском и Московском военных округах, пройдя путь от летчика до командира авиационной эскадрильи истребительного авиационного полка. Военный летчик 1-го класса, имеет налет более 1500 часов на различных типах самолетов.

В 1987 году окончил командный факультет Военно-воздушной академии имени Ю.А. Гагарина и в том же году был зачислен в отряд космонавтов ЦПК ВВС.

В 1989 году по завершении прохождения курса общекосмической подготовки была присвоена квалификация «космонавт-испытатель», и Валерий Григорьевич продолжил обучение в составе группы космонавтов-испытателей для полетов на орбитальном комплексе «Мир».

В 1996 и 2002 годах совершил два космических полета на орбитальный комплекс «Мир» и Международную космическую станцию, длительность которых составила более 380 суток. Выполнил четыре выхода в открытый космос общей продолжительностью около 25 часов. Является космонавтом 1-го класса.

Более четырех с половиной лет Валерий Григорьевич возглавлял отряд космонавтов, пять лет являлся первым заместителем начальника Центра. Закончив службу в воинском звании генерал-майора, продолжил работу в ракетно-космической отрасли, с 2008 по 2011 годы занимал ответственную должность в ОАО РКК «Энергия» имени С.П. Королёва.

С 2011 года В.Г. Корзун возглавляет ведущее подразделение Центра по подготовке космонавтов, внося существенный вклад в организацию подготовки российских космонавтов и иностранных астронавтов к освоению космического пространства.

На всех доверенных участках работы Валерия Григорьевича Корзуна отличают высокий профессионализм, чувство глубокой ответственности за порученное дело и постоянная забота о людях. Родина высоко оценила его заслуги перед отечественной пилотируемой космонавтикой. В.Г. Корзун удостоен высокого зва-

ния Героя Российской Федерации, награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, многими другими государственными и ведомственными наградами, а также высокими государственными наградами Франции и Бельгии.

Желаем Вам, дорогой Валерий Григорьевич, крепкого здоровья, семейного счастья, благополучия и дальнейших успехов в Вашей работе!

Коллектив Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина

70 ЛЕТ А.П. АЛЕКСАНДРОВУ

A.P. Aleksandrov **70-Year Anniversary**

В этом году 20 февраля советнику президента ОАО «Энергия» имени С.П. Королёва, дважды Герою Советского Союза, летчику-космонавту СССР Александру Павловичу Александрову исполнилось 70 лет!

Космический путь А.П. Александрова начался в 1978 году, когда он был зачислен в отряд космонавтов НПО «Энергия».



Свой первый космический полет Александр Павлович Александров совершил в 1983 году вместе с космонавтом В.А. Ляховым в качестве бортиженера на космическом корабле «Союз Т-9» и орбитальном комплексе «Салют-7» – «Космос-1443». В ходе полета была выполнена обширная программа научно-технических и медико-биологических исследований, принято последовательно два грузовых транспортных корабля. Александр Павлович осуществил два выхода в открытый космос общей продолжительностью 5 часов 45 минут. Впервые были выполнены монтаж и работы по наращиванию конструктивных элементов орбитального комплекса. Общая продолжительность полета составила 149 суток 10 часов 46 минут.

Второй космический полет Александр Павлович выполнил в 1987 году совместно с космонавтом А.С. Викторенко и космонавтом-исследователем Сирийской Арабской Республики Мухаммедом Ахмедом Фарисом в качестве бортиженера на космическом корабле «Союз ТМ-3» на орбитальном комплексе «Мир» – «Квант» – «Союз ТМ-2» (экипаж: Ю.В. Романенко, А.И. Лавейкин).

Впервые была произведена частичная смена экипажа основной экспедиции: заблудивший бортиженер А.И. Лавейкин возвратился на Землю с экспедицией посещения на космическом корабле «Союз ТМ-2», а Александр Павлович продолжил полет совместно с космонавтом Ю.В. Романенко.

23 декабря 1987 года к орбитальному комплексу был пристыкован космический корабль «Союз ТМ-4» (экипаж: В.Г. Титов, М.Х. Манаров, А.С. Левченко). После недельной совместной работы 29 декабря А.П. Александров вместе с



Ю.В. Романенко и А.С. Левченко возвратился на Землю на корабле «Союз ТМ-3». В ходе полета была выполнена программа научно-технических и медико-биологических исследований, в том числе с использованием научного оборудования астрофизического модуля «Квант». Общая продолжительность полета составила 160 суток 7 часов 16 минут.

За успешное осуществление космических полетов А.П. Александров был дважды удостоен звания Героя Советского Союза.

После ухода из отряда космонавтов Александр Павлович продолжил работать в РКК «Энергия». 30 октября 2006 года приказом президента РКК «Энергия» был назначен советником президента РКК «Энергия».

Руководство Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, летчики-космонавты, весь коллектив ЦПК поздравляют дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР Александра Павловича Александрова с 70-летием и желают ему космического здоровья, благополучия, счастья, успехов в профессиональной деятельности и сил для новых свершений!

80 ЛЕТ В.А. ПОНОМАРЕНКО

V.A. Ponomarenko 80-Year Anniversary



3 января 2013 года исполнилось 80 лет заслуженному деятелю науки РФ, академику Российской академии образования, доктору медицинских наук, профессору, лауреату премий Совета Министров СССР и правительства РФ, главному научному сотруднику Научно-исследовательского испытательного центра (авиационно-космической медицины и военной эргономики), генерал-майору медицинской службы Пономаренко Владимиру Александровичу.

В.А. Пономаренко – ученый с мировым именем в области авиационно-космической медицины, психологии и педагогики, которым отечественная наука по праву может гордиться. Интерес к научному поиску у него сформировался еще в период службы в строевых частях ПВО, куда он был направлен в 1956 году после окончания военно-медицинского факультета при Саратовском медицинском институте. С 1962 года научная деятельность В.А. Пономаренко связана с Научно-исследовательским испытательным институтом авиационной и космической медицины, в котором он прошел путь от адъютанта до начальника института.

В.А. Пономаренко известен как автор концепции «человеческого и личного» фактора, принципа «активного оператора» в авиационной аварийности. Владимир Александрович – один из пионеров становления развития инженерной психологии в авиации. Им разработаны принципы реализации системного подхода при проведении инженерно-психологических исследований и оценки авиационных систем и оборудования. Широкую известность приобрели его работы, касающиеся организации оптимального информационного взаимодействия в системах «Человек–летательный аппарат», психофизиологического обоснования сопряжения человека с автоматизированными системами. Весомый вклад внесен Владимиром Александровичем в организацию, становление и практическое внедрение системы военно-научного эргономического сопровождения авиационной техники, обеспечивающей существенное повышение эффективности использования экипажем ее боевых возможностей и безопасности полетов.

Им создана научная база для нового направления в психологической науке – психологии формирования профессионала опасной профессии, разработана система психолого-педагогических воздействий развития профессионально важных качеств курсантов летных училищ.

В.А. Пономаренко вместе с учениками выдвинул и обосновал концепцию о профессиональном здоровье специалистов опасных профессий, которая служит теоретической базой для совершенствования организационных основ медицинского обеспечения, разработки автоматизированных экспертно-диагностических систем оценки, создания системы восстановительной медицины «здоровья здоровых» в России и ее Вооруженных силах. Владимир Александрович не только талантливый ученый, но и блестящий организатор науки, отдавший делу всего себя, нередко с риском для жизни, как уже не раз имело место при проведении им научных исследований и экспериментов в реальных полетах высшей системы сложности, в том числе при испытании многоразового орбитального корабля «Буран».

В.А. Пономаренко является руководителем крупной научной школы по указанным направлениям деятельности, получившей международное признание. Он автор более 500 научных трудов, в том числе более двух десятков монографий, многочисленных пособий и руководств для летного состава и авиационных врачей, учебных и научно-популярных фильмов. В.А. Пономаренко избран почетным президентом Международной академии проблем человека в авиации и космонавтике.

В.А. Пономаренко всегда отличала и отличает высокая нравственная и гражданская позиция в защите интересов Армии, Авиации и Космоса.

Многие специалисты ЦПК имени Ю.А. Гагарина, в том числе космонавты, считают себя учениками Владимира Александровича, гордятся принадлежностью к его научной школе, отличающейся глубиной проникновения в феномен «человека летящего», духовность его внутреннего мира и верой в его огромные потенциальные возможности.

Редакция журнала «Пилотируемые полеты в космос» поздравляет Владимира Александровича и от всей души желает юбиляру здоровья, благополучия, успешного и плодотворного труда для светлого будущего Авиации, Космоса и России.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ В ДАЛЬНИЙ КОСМОС И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ МАРСА И ЛУНЫ

Experiments in the Interests of Deep-Space Missions and Activity on the Surface of Mars and the Moon

В Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина проводится серия экспериментов в интересах обеспечения полетов человека в дальний космос и проведения работ на поверхности Марса и Луны (рис. 1). Впервые в практике пилотируемых полетов эксперименты проводятся с участием космонавтов, только что возвратившихся на Землю после полугодового пребывания на борту космического комплекса – Международной космической станции. При этом исследуется влияние длительного полета (полет к Марсу продолжится несколько месяцев) на деятельность космонавтов по выполнению различных полетных операций и на планетную деятельность.



Рис. 1. Отработка ручного управляемого спуска на поверхность Марса на тренажере ТС-18

На следующий день после возвращения на Землю экипажа пилотируемого корабля «Союз ТМА-06М» и прибытия в Звездный городок, космонавты Олег Новицкий и Евгений Тарелкин впервые отработали на уникальной, специально оборудованной центрифуге ЦПК ручной управляемый спуск с орбиты на поверхность Марса (рис. 2). В дальнейшем планируется проведение других экспериментов, в том числе исследований деятельности человека на поверхности планеты (рис. 3).



Рис. 2. Центрифуга ЦФ-18



Рис. 3. Моделирование деятельности на поверхности Марса (тренажер «Выход-2»)

По итогам работ с экипажами МКС будут уточняться требования к оборудованию межпланетных аппаратов, средствам поддержки деятельности космонавтов, будут разработаны рекомендации по обеспечению безопасной и эффективной деятельности космонавтов в будущих межпланетных миссиях.

ЦЕНТРИФУГА ЦФ-7 – 40 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

Centrifuge ЦФ-7 – 40 Years in the Service of Home Manned Cosmonautics

Сорокалетие центрифуги ЦФ-7 отмечается 1 марта 2013 года.

3 апреля 1963 года первым заместителем Главного командующего ВВС маршалом авиации С.И. Руденко были утверждены тактико-технические требования на проектирование и изготовление центрифуги для Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК).

Центрифуга, получившая название ЦФ-7, была спроектирована специалистами опытного завода Военно-воздушных сил по заказу ЦПК в конце 60-х годов. В 1970 году было завершено строительство здания, и начался монтаж оборудования центрифуги. Ознаменовал завершение этой большой работы приказ командира войсковой части 26266 № 97 от 28.02.1973 г. о вводе с 01.03.1973 года в опытную эксплуатацию центрифуги ЦФ-7. С этого дня началась напряженная рабочая жизнь центрифуги ЦФ-7.

На центрифуге ЦФ-7 решаются следующие задачи:

- отбор и подготовка космонавтов в составе групп и экипажей в условиях воздействия перегрузок;
- медицинская экспертиза кандидатов в космонавты и космонавтов в условиях воздействия перегрузок;
- исследования с целью обоснования и разработки тактико-технических требований и технико-экономических показателей на создание и совершенствование специализированных динамических тренажеров на базе центрифуг для подготовки космонавтов, программ и методик испытаний тренажеров, а также способов и методов их безопасной эксплуатации;
- испытания динамических тренажеров на базе центрифуг и их отдельных систем;
- испытания космического и авиационного оборудования на прочность и работоспособность в условиях воздействия перегрузок и ускорений.

За 40 лет эксплуатации центрифуги ЦФ-7 было проведено более 9000 вращений с человеком с общей наработкой более 1200 часов, выполнено и реализовано более 30 научно-исследовательских работ, зарегистрировано 17 изобретений, проведена медицинская экспертиза более 1700 летчиков ВВС, с этой целью было выполнено 3650 вращений.

Весомый вклад в дело качественной эксплуатации оборудования центрифуги ЦФ-7, обеспечения всех видов подготовки космонавтов, обеспечения медицинских исследований внесли наши ветераны – Соколов Юрий Алексеевич, Макаров Евгений Павлович, Брюзгин Николай Николаевич, Шматько Михаил Дмитриевич, Лаптев Иван Гордеевич, Плотников Александр Васильевич, Шестакова Людмила Николаевна, Аверьянова Людмила Павловна, Щербак Анатолий Николаевич, Поздняков Юрий Вячеславович, Слинкин Глеб Витальевич, Белухин Юрий Сергеевич, Степанова Валентина Петровна, Назаров Николай Юрьевич, Павлов Владимир Александрович, Померанцев Юрий Николаевич, в разное время работавшие в отделе центрифуг и динамических тренажеров.

Торжественное мероприятие, посвященное 40-летию центрифуги ЦФ-7, на которое будут приглашены ветераны, запланировано на март-апрель 2013 года.

В.Н. Кирианов, А.П. Чудинов

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА»**

ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург, 25–26 сентября 2012 года

Russian Scientific and Technical Conference “Extreme Robotics”Central Scientific Research and Development Institute of Robotics and Technical Cybernetics,
St. Petersburg, September 25–26, 2012

Конференция «Экстремальная робототехника ЭР’2012» состоялась 25–26 сентября 2012 года в ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург.

Целью конференции является объединение усилий российских специалистов в развитии ключевых технологий и перспективных разработок в сфере робототехники и их практического применения в экстремальных условиях и чрезвычайных ситуациях: борьбы с терроризмом, пожаротушении, решении задач обороны, освоения космоса и глубин океана, атомной энергетики и других опасных производств, медицины.

Конференция была призвана собрать разработчиков робототехнических систем и их потенциальных пользователей и достигла этой цели.

Организатором конференции выступил Государственный научный центр Российской Федерации федеральное государственное автономное научное учреждение «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК) при поддержке Министерства обороны Российской Федерации, Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Федерального космического агентства, Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, Ассоциации государственных научных центров «Наука», Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Санкт-Петербурга, Общественной организации «Союз промышленников и предпринимателей Санкт-Петербурга» и ОАО ВК «ЛЕНЭКСПО».

Тематика конференции

- **Робототехника для экстремальных условий и чрезвычайных ситуаций.** Мониторинг, инспекция, технологические операции. Ликвидация последствий аварий и катастроф. Космическая робототехника. Морская робототехника. Специальная мини- и микроробототехника.

- **Военная и антитеррористическая робототехника.** Боевые, боевого обеспечения и антитеррористические робототехнические системы. Разведка, разминирование, охрана, спасательные и транспортные операции.

- **Медицинская робототехника.** Оказание первой помощи. Обслуживание больных и инвалидов, их реабилитация. Микророботы для обследования и лечения внутренних органов.

В ходе пленарного и секционных заседаний специалистами из Санкт-Петербурга, Москвы и других городов России были прочитаны более 80 докладов по наиболее актуальным проблемам современной робототехники, по ее использованию в экстремальных условиях и чрезвычайных ситуациях.

Председатель программного комитета Юевич Евгений Иванович, доктор технических наук, профессор СПбГПУ, почетный главный конструктор ГИЦ РФ

ЦНИИ РТК высоко оценил ее работу и выразил мнение, что состоявшийся обмен мнениями будет способствовать дальнейшему развитию экстремальной робототехники в свете современных требований к ней.

В работе конференции приняли участие представители ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» и выступили с двумя секционными докладами.

По результатам конференции издан «Сборник докладов конференции» на 514 страницах.

История конференции

История возникновения конференции «Экстремальная робототехника» и превращения ее в ежегодную конференцию объективно связана с историей отечественной робототехники. До распада СССР ЦНИИ РТК, как родоначальник и головная организация отечественной робототехники, проводил регулярные международные выставки с конференциями по робототехнике. С распадом СССР вся эта работа прекратилась, но одновременно, особенно после аварии на Чернобыльской АЭС, возникла новая актуальная проблематика в робототехнике, которая получила название «Экстремальная робототехника».

Со временем она непрерывно расширялась. Ее основные потребители в России – это МЧС, Минобороны и другие министерства, связанные с опасными технологиями, включая космическую и подводную тематику, а также Минобороны и все силовые ведомства.

Сегодня, когда экстремальная робототехника стала авангардом научно-технического развития робототехники в целом, значение конференции соответственно возросло. Следующая конференция пройдет в форме Международного симпозиума 1–3 октября 2013 года.

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

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

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

State Organization «Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Centre»,
November 27–28, 2013

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».

На конференции планируется работа следующих секций:

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

Секция 2. Профессиональная деятельность космонавтов (отбор, подготовка, космический полет). Результаты выполнения космических полетов.

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

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

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

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

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

Программа и другая информация о конференции размещена на сайте ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» www.gctc.ru.

Оргкомитет

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

ВЕЛИКИЙ ПЕРВОПРОХОДЕЦ И СОЗИДАТЕЛЬ (посвящается памяти В.И. Яздовского)

Great Pioneer and Creator
(In Memory of V.I. Yazdovski)

*«...есть только две тайны Вселенной,
которые действительно волнуют
меня, это Звездное небо над нами и
нравственный закон внутри нас»*

Э. Кант

Эта статья-очерк посвящена исторической, легендарной, воистину самобытной, одаренной личности – Владимиру Ивановичу Яздовскому, которому 25 июня 2013 года исполнилось бы 100 лет.

Эта статья для специалистов и для нашей молодой смены. Как говорили в мое время, – «страна должна знать своих героев».

Истинно великий Человек. Им были заложены основы не только космической биологии и медицины, но и создана новая наука, новое мировоззрение, нравственно-духовная культура, поднявшая уровень *космической медицины* до государственной потребности в реализации проблемы освоения космического пространства человеком на борту космического корабля.

Это был многогранный ученый, инженер, врач, гигиенист, талантливый организатор, человек проницательного ума и неиссякаемой духовной энергии. Он обладал гражданской смелостью, мощным креативным мышлением, способностью идти на обдуманный риск, опираясь на свой опыт, междисциплинарные знания и коллективный ум своих талантливых сотрудников.

Вначале лапидарно изложу его профессиональную биографию, жизненный путь, линию жизни. Окончил высшее техническое учебное заведение (1933 г.), Ташкентский медицинский институт (1941 г.). В Вооруженных силах с ноября 1941 года – участник Великой Отечественной войны, старший врач полка – начальник медицинской службы авиационной дивизии (1943–1945 гг.). На фронте проявил себя как способный нейрохирург. В 1947–1949 годах – начальник лаборатории и старший научный сотрудник Института авиационной медицины МО СССР, с 1949 года – начальник лаборатории, 1956 год – начальник отдела, 1959 год – начальник космического направления института, 1961 год – начальник управления «Космическая медицина», в 1960–1964 годах – заместитель начальника института по науке (космической медицине).

Его творческий путь в области медико-биологического обеспечения безопасности, работоспособности, эффективности, результативности человека в космическом полете был определен лично С.П. Королёвым. Всем известен легендарный Сергей Павлович Королёв – создатель ракетной техники, применяемой на

суше, на море и под водой с использованием атомной составляющей, создатель межконтинентальных баллистических ракет, спасших народы СССР от третьей мировой войны. Миллионы жителей нашей Родины и ныне живущие должны быть благодарны Сергею Павловичу Королёву.

Все, что летало в небесном Царстве, было источником технического прорыва, надежности и фантастической результативности для того исторического периода.

С.П. Королёв, по свидетельству академика Б.Е. Чертока, создал множество боевых ракет, первые межпланетные аппараты, но все это было для него лишь средством. Главная его цель – *Человек в космосе*, и обязательно – *первый*. Я думаю, что «бронепойная» мотивация С.П. Королёва, внешним проявлением которой служили оборонные задачи, развитие технического прогресса, выявление небесных, планетных ресурсов, была направлена на главное: Человек вечно не останется на Земле. Стало быть, системообразующим элементом космических полетов вокруг Земли, а далее на Луну, Венеру, Марс становился Человек. Смыслообразующим мотивом и целью освоения человеком космического пространства и у С.П. Королёва, и у его соратника, единомышленника В.И. Яздовского было: расширение земных возможностей человека и его социума на других планетах Вселенной.

Речь шла о решении абсолютно новых научных проблем человека, которые касались:

- его мировоззрения, духовного смысла и его места в мироздании;
- развития сознания, подсознания, внутреннего духовного мира ноосферы и формирования способности к приему биопотоков информации;
- создания новых функциональных органов для жизни и труда на других планетах;
- открытия неизвестных энергетических, информационных, биологических, генетических, физиологических, интеллектуальных запасов прочности;
- открытия законов взаимодействия человека с совершенно другим Пространством и Временем, а самое главное – контакт с Нерукотворным миром, подарившим нам жизнь на планете Земля!

Для решения этих грандиозных проблем познания неведомого, незнаемого С.П. Королёву был необходим человек целеустремленного научного масштаба, далеко выходящий за рамки знаний авиационной медицины. Ему нужен был **боец** глубоко думающий, с широким кругозором, сильный духом, одержимый идеями. Необходим был ученый-энциклопедист и организатор науки, сам внутренне готовый к исследованию проблем души, тела, психики человека в космосе и, в первую очередь, *способный отобрать нужных специалистов для участия в решении медико-биологических задач космонавтики*.

С.П. Королёв обратился за консультацией к выдающемуся авиаконструктору А.Н. Туполеву, хорошо знавшему научного сотрудника В.И. Яздовского, его силу, ум, способность к исследованиям и постижению незнаемого. Судьба Владимира Ивановича была решена в 1949 году(!). Именно ему С.П. Королёв предложил взять на себя, прежде всего, *персональную ответственность* за подготовку человека к космическому полету. Это означало: предстоит решить обширный комплекс задач медико-биологического обеспечения полета человека в Космос, которыми ранее не занималась ни одна дисциплина, включая авиационную медицину. Для этого необходимо было: 1) разработать теоретическое обоснование, концепцию, методологию, методы, программу новых исследований, доказать их пер-

спективность; 2) подготовить научных работников к проведению всех исследований биологического влияния отрицательных факторов космического полета, о которых до целевых натурных экспериментов не было и не могло быть никакой реальной информации; 3) оценить условия жизни и труда в полете; 4) создать принципиально новый инструментарий динамического контроля вдали от Земли за функциональным состоянием и состоянием здоровья здорового человека, методологию и методы медицинского, психофизиологического, психологического отбора и подготовки будущих космонавтов; 5) разработать принципы и организовать моделирование основных экстремальных факторов (невесомость, гипокинезия, изоляция, ограниченное пространство, измененные стереотипы ритмов жизни, питание, ионизация, кабинная атмосфера, герметичность, ионизирующие излучения, непрерывные перегрузки на взлете и посадке) и разработать средства защиты и спасения более чем от 40 других неземных факторов.

Практически требовалось создать новую науку, космическую биологию и медицину, новую научную школу, новое исследовательское оборудование, новые подходы к экспертным решениям. И начинать выполнять все это надо было в условиях секретного режима, крайне незначительной опорой на данные, полученные в авиационной медицине, с чрезвычайно малым штатом сотрудников (в 1949 году – в группе 3 врача, включая самого Владимира Ивановича), не имея для этих целей спецоборудования, при отсутствии не только концептуальной научной парадигмы профессиональной и медико-психологической подготовки будущих космонавтов, но даже теоретической базы и методического обеспечения самых первых этапов биологических исследований. Сложность поисковых работ существенно увеличивалась необходимостью соблюдать жесткие ограничения для медико-технической аппаратуры по весу, габаритам и энергопотреблению. Кроме того, все первопроходческие задачи его группа должна была решать максимально быстро, успешно, в едином графике с ракетчиками, к тому же *наряду с выполнением напряженного плана НИР по авиационной медицине.*

Я думаю, читатель понимает, какой нужно было обладать силой воли, умом и характером, тем более, находясь в должности не столь высокого ранга, чтобы взять на себя, и **только на себя(!)** ответственность за такие масштабы и риски предстоящих работ. И все же С.П. Королёв уговорил В.И. Яздовского, обеспечив ему встречи с Министром Вооруженных сил А.М. Василевским и президентом АН СССР С.И. Вавиловым. После чего в начале 1949 года высшим руководством было принято решение поручить В.И. Яздовскому приступить к выполнению теоретических и экспериментальных работ в целях обоснования возможности и обеспечения медико-биологической безопасности полета человека в Космос.

Теперь остановимся на летописи развития дальнейших событий, которые свидетельствуют о том, что В.И. Яздовский оправдал все надежды С.П. Королёва. Он стал *основоположником отечественной космической биологии и медицины*, пройдя, как принято в нашей стране, тернистый, тяжелый путь – путь счастья, успехов, преодолевая зависть, ревность, конъюнктуру, «стрельбу в спину»... Но Бог увидел в нем Труженика и Провидца – Христианина в лучшем смысле этих слов: Любви и Веры в человека.

В 1949 году Научно-исследовательскому испытательному институту авиационной медицины (НИИИ АМ) ВВС была поставлена задача – провести биологические и медицинские исследования проблем полета человека в космос. Ответственность за проведение этих работ **персонально возлагалась** на В.И. Яздовского. Обращаю внимание, в начале 1949 года была организована

спецгруппа, состоящая из трех врачей, самого Владимира Ивановича, начальника Института А.В. Покровского, к.м.н. В.И. Попова, а также биологов и инженеров. Открылась первая научно-исследовательская работа «Физиолого-гигиеническое обоснование возможностей полета в особых условиях». Приходилось все начинать с «белого листа» – от разработки методологии до обоснования выбора биообъекта с учетом необходимости начинать исследования с экспериментов на животных.

В течение 1949 года была разработана классификация факторов космического полета, концепция, методология, структура и программа исследований, выбран биологический объект, отобраны животные, разработана система их тренировок, оборудованы места для их размещения, одежда, датчики регистрации состояния организма животных и конструкции регистрирующих приборов, в том числе киноаппаратура. Сведения о ходе и направлениях исследований обсуждались с С.П. Королёвым, в Министерстве Обороны СССР, Военном Совете ВВС, Академии наук и Академии медицинских наук СССР. В конце 1949 года итоги работ, теоретическое обоснование, методология исследований и программа экспериментов были представлены В.И. Яздовским в докладе на выездной сессии АМН СССР и одобрены ведущими учеными страны. В декабре 1949 года он вновь назначается начальником лаборатории герметических кабин и скафандров. Функциональная спецгруппа начала работать в составе лаборатории. В сентябре 1950 года в коллектив пришли врач А.Д. Серяпин, позднее инженер Б.Г. Буйлов и авиационный врач Б.В. Блинов.

Продолжались ежедневные тренировки животных и исследования типов поведения, обмена веществ, иммунитета, динамики адаптационных механизмов, приоритетов включения резервных возможностей и реакций организма животных на воздействие моделируемых факторов полета в тренировочных экспериментах, в лаборатории НИИИАМ, монтажном цехе организации С.П. Королёва и при огневых испытаниях ракет. Дорабатывалась аппаратура, проводилась подготовка животных к реальному полету в герметической кабине геофизических ракет до высот 100–110 км.

В процессе создания всей материально-исследовательской базы, работы с животными, обеспечения их безопасности, постоянно совершенствовалось оборудование. Каждый этап подготовки Владимир Иванович докладывал лично С.П. Королёву. В свою очередь, ближайшие помощники С.П. Королёва, возглавлявшие основные программы, должны были в своих разработках ракетной техники учитывать предложения врачей. Как вспоминал В.И. Яздовский: «Без такой *тесной двусторонней связи* невозможно было двигаться вперед». Вся жизнь ученых этой лаборатории с их руководителем была отдана задаче подготовки человека к полету. Уровень мотивации: выйти на эксперимент точно в срок – был нравственным стержнем лаборатории.

Первый полет 22 июля 1951 года на ракете Р-2А закончился победой ученых – собаки Цыган и Дезик, первые «четвероногие космонавты», вернулись на Землю живыми, бодрыми, без органических повреждений организма и «собачьей психики». Возбужденные животные ласково благодарили своих спасателей. В июле–сентябре 1951 года побывали в полете в герметической кабине ракет 9 собак, из них 3 летали дважды. На этом первом этапе биологических экспериментов было проведено 6 пусков геофизических ракет Р-2А до высот 100–110 км. Несмотря на то, что из-за недоработок отдельных элементов ракетной системы два полета закончились гибелью животных, получена ценнейшая информация для изучения

возможности полета в Космос человека. Это был большой успех. Так началась эра биологических исследований в экспериментальной космонавтике.

Руководство военного ведомства, Академия наук, Академия медицинских наук СССР высоко оценили труд сотрудников лаборатории, их профессионализм, титанический труд в жестком временном режиме, творческое решение сложнейших многофункциональных задач, а главное – **определивших дальнейшее направление работ по подготовке человека к космическому полету**. За первый этап исследований в 1952 году В.И. Яздовский и ведущие ученые его лаборатории А.В. Покровский, В.И. Попов, А.Д. Серяпин удостоены звания лауреатов Сталинской премии.

Стиль работы В.И. Яздовского как исследователя и первопроходца проявился сразу: идейный вдохновитель, творческий руководитель и талантливый организатор, всегда неутомимый, целеустремленный, продуктивный и успешный. Ему приходилось бывать на разных этапах решения исследовательских задач одновременно: и активным их разработчиком, и ответственным исполнителем. В книге Владимира Ивановича «На тропах Вселенной» есть, например, такие строки: «По его (С.П. Королёва) предложению в решении Государственной комиссии было записано: «Окончательное оснащение и проверка перед стартом возложены лично на Яздовского В.И.». Однако важно отметить, что в трудные годы постоянного научного поиска в коллективе Владимира Ивановича и тогда, и в дальнейшем работали талантливые энтузиасты и его единомышленники. Он всегда любил свой коллектив, высоко ценил, уважал, знал и учитывал интересы и устремления каждого сотрудника, всегда старался им содействовать. Ученые, инженеры, техники мастерски оборудовали место для собак и систему регистрации физиологических функций. Особенно отличились ближайшие сотрудники А. Серяпин, Б. Буйлов, Б. Блинов.

В следующей серии экспериментов исследовалось более длительное воздействие моделируемых факторов космического полета на организм животных, отрабатывались средства обеспечения биологической безопасности полета для случаев нештатных, аварийных ситуаций: разгерметизация, неотделение гермокабины от корпуса ракеты, вопросы обеспечения безопасности на всех участках полета животных в безмасочном скафандре, безопасное катапультирование, нестандартные спуски. В 1951, 1954 и 1955 годах было проведено 12 пусков геофизических ракет Р-2А с животными на борту на высоты 100–110 км. Фундаментальные вопросы, поставленные С.П. Королёвым и инженерно-конструкторским составом, на первом биологическом этапе были решены авиационными врачами, инженерами, биологами во главе с В.И. Яздовским. Получен самый принципиальный государственный результат: ученые и специалисты НИИИАМ способны продолжить более сложные исследования и испытания для обеспечения здоровья и жизни человека в космическом полете. **Директивой заместителя министра обороны, маршала И.Х. Баграмяна от 9.01.1956 г. в НИИИАМ создан отдел по исследованию и медицинскому обеспечению полетов человека в верхние слои атмосферы. Начальником отдела назначили В.И. Яздовский.**

В результате создания этого **специализированного** подразделения Владимир Иванович и сотрудники отдела, наконец, получили возможность сосредоточиться только на решении проблем космической биологии и медицины без выполнения НИР по авиационной тематике. В.И. Яздовскому поручили руководство дальнейшими исследованиями медико-биологических проблем космического полета и разработкой медико-технических требований к проектированию космических кораблей.

Космическая наука и практика набирали авторитет, внедрялись синергические принципы организации сотен заводов, научных учреждений, опытно-конструкторских предприятий и в этот славный ряд был «встроен» НИИИАМ: 5 января 1959 года вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР № 22-10 «Об усилении научно-исследовательских работ в области медико-биологического обеспечения космических полетов». Этим документом была обозначена роль Академии наук и Академии медицинских наук СССР. Основные научно-организационные доклады на Президиумах АН и АМН СССР по **всем** проблемам выбора направлений, методологии, организации исследований и подготовки будущего космонавта к полету на корабле «Восток» делал В.И. Яздовский.

Директивой главного штаба ВВС от 14.03.1959 г. в июне 1959 года институт перевелся на новый штат с присвоением первой категории и организацией в нем трех научных направлений. Начальником 3-го направления (космического) назначили В.И. Яздовского. В 1959 году решением ВАК ему была присуждена ученая степень доктора медицинских наук. В 1960 году он был утвержден в ученом звании профессора по специальности «Космическая биология и медицина». Так впервые была утверждена и признана научной общественностью специальность «космическая биология и медицина». Академией наук СССР был признан ее лидер – В.И. Яздовский.

Историческая правда состоит в том, что за реализацию всей медико-биологической программы всемирно известных первых пилотируемых полетов, как принято в военной организации, нес *единолично* персональную ответственность ее организатор и руководитель В.И. Яздовский.

Примечательно, когда был опубликован документ по проектированию и испытанию космического корабля «Восток», особое внимание акцентировалось на **надежности** каждого агрегата, прибора, каждой детали корабля. Вменялся в обязанности строжайший контроль за всеми системами управления полетом, двигателями ракет, полномасштабное наблюдение за полетом и состоянием космонавта, организована служба спасения. Каждый элемент изделий должен был иметь заключение Главного конструктора, где он изготовлялся. Допуск ракеты-носителя «Восток-ЗА» к испытаниям на космодроме давался совместным решением главных конструкторов. Этот документ был подписан С.П. Королёвым и членами Совета главных конструкторов: В.П. Глушко, Н.А. Пилюгиным, В.П. Барминым, др. Этот же важнейший документ был подписан В.И. Яздовским.

Начиная с 1959 года, были открыты «шлюзы» (под присмотром контрольных органов) для набора научных сотрудников, адъютантов, инженеров, физиков, химиков, радиобиологов, биологов, психологов, авиационных врачей, методистов обучения, клинических врачей, психоневрологов, психиатров, конструкторов приборного медицинского оборудования, врачей-леччиков, врачей-парашютистов. В состав ГНИИИ авиационной и космической медицины был введен специальный завод медицинского оборудования и малогабаритных приборов, создан мощный клинический отдел, участвующий в отборе штатных испытателей, оценивающих их состояние здоровья для каждого конкретного испытания: на центрифуге, в барокамере, сурдокамере, вибростенде, в полете на кратковременную невесомость, пребывание в экстремальной обстановке (самообеспечение при вынужденной посадке в холодные воды морей и океанов, в Заполярье, пустыне, горах, джунглях, тайге и т.д.). Организовывались специальные научные отделы по спасению и выживанию, по подготовке к переносимости гипокинезии, невесомости, максимальных перегрузок (грудь-спина), профилактике вестибулярных расстройств, приво-

дящих к дезориентации, по психофизиологической подготовке, разработке специального питания, гигиеническому обеспечению внутрикабинной атмосферы, по кислородному обеспечению и спецснаряжению, по биохимическим, физиологическим, гигиеническим исследованиям. И многое, многое другое. И все это надо было организовать, обеспечить материально-технической базой, подобрать ученых в области более 20 специальностей. И все это легло на голову, сердце, душу, плечи научного руководителя всех направлений работ по космической биологии и медицине – В.И. Яздовского и соисполнителей в составе научно-исследовательского авиационного госпиталя ЦВНИАГ, Центра подготовки космонавтов.

Безусловно, в этой научной и организационной деятельности активно помогали талантливые руководители отделов: А.М. Генин, О.Г. Газенко, Н.Н. Гуровский. В их отделах работали высококвалифицированные, творческие, целеустремленные ученые. Они имели полноценный опыт познания авиационного полета в неземной среде обитания, опыт управления психофизиологическим состоянием человека в экстремальной обстановке и разработки средств защиты. Были среди них ученые, освоившие методологию и методы фундаментальных исследований (Е.М. Юганов, И.С. Балаховский, П.П. Саксонов, Е.Л. Шепелев, П.В. Васильев, Ф.Д. Горбов, А.Р. Котовская, Э.В. Лапаев).

Фантастическая работоспособность Владимира Ивановича, его широчайшая эрудиция и целеустремленность увлекали за собой подчиненных. Они уважали и ценили своего начальника. Одна из участниц подготовки собак к космическому полету накануне полета Ю. Гагарина, Львова Тамара Степановна на мой вопрос: «Как Вы относились к В.И. Яздовскому?» ответила: «Очень хорошо. Он не только командовал, но и помогал каждому. Толково и доброжелательно разъяснял, что он от него хочет, всегда контролировал качество исполнения, заботился о повышении профессионализма, посылая на учебу. В нашем космическом управлении было приятно работать, на работу шли, как на праздник».

Владимир Иванович Яздовский, опираясь на свой научный и практический опыт, сформировал в 1959 году в 3-м (космическом) направлении три отдела:

- 1) Отдел систем жизнеобеспечения во главе с А.М. Гениным;
- 2) Отдел космической физиологии во главе с О.Г. Газенко;
- 3) Отдел отбора и подготовки космонавтов во главе с Н.Н. Гуровским.

Первым начальником ЦПК в 1960 году был назначен, по представлению В.И. Яздовского, один из его сотрудников – Е.А. Карпов, который работал в отделе Н.Н. Гуровского.

Крупномасштабный объем работ, их значимость, своевременное обеспечение оборудованием, подготовка методических документов требовали общения Владимира Ивановича с очень высоким руководством. Для этого были необходимы не только такт, но и принципы поведения, широкие знания, а также поддержка С.П. Королёва, президента АН СССР М.В. Келдыша, Военного и промышленного отдела ЦК КПСС, Главкома ВВС. Полет первого в мире человека на космическом корабле был важнейшей политической задачей, утверждающей приоритет **сильнейшей державы – СССР**.

Можно сказать без юбилейного преувеличения, что в 1960 году эту грандиозную задачу медико-психологического обеспечения первого пилотируемого полета в космос, подготовки к нему космонавта мог выполнить только В.И. Яздовский со своими сотрудниками. Поэтому руководство ВВС в мае 1960 года назначило его заместителем начальника института по научно-исследовательской работе (космической медицине), а в 1961 году – начальником

Управления космической медицины, **сохранив** за ним должность заместителя начальника Института по космической медицине (1960–1964 гг.). В состав управления входило 8 отделов, которые возглавляли Е.Я. Шепелев, А.Д. Серяпин, А.Г. Кузнецов, С.А. Гозулов, О.Г. Газенко, П.П. Саксонов, А.П. Кузьминов, Г.В. Алтухов. Кроме того, Владимиру Ивановичу было поручено на этапе подготовки космонавтов первого отряда научное обеспечение совместно с медицинской подготовкой, осуществлявшейся в ЦПК в 1960–1964 гг. Он же был членом Государственной комиссии по отбору космонавтов и допуску их к полету. Медицинское, физиологическое, гигиеническое, токсикологическое, психофизиологическое, эргономическое обеспечение полета первой десятки космонавтов и конкретно Гагарина Ю.А. обеспечивало **8 отделов Управления космической медицины**. По распоряжению Главкома ВВС и начальника ЦВМУ была создана Главная медицинская комиссия, в состав которой входили главные врачи советской армии: А.Н. Бабийчук, А.А. Вишневский, Н.С. Молчанов, М.М. Филиппов, К.Ф. Бородин, А.Г. Кузнецов, А.С. Усанов, В.И. Яздовский. Дополнительные требования к здоровью будущих космонавтов с учетом факторов космического полета разрабатывались в ГНИИИАиКМ. Надо отдать должное специалистам ЦВНИАГ Е.Н. Федорову, И.И. Брянову, М.Д. Вядро, А.Н. Станчинскому, Д.Ф. Горбову перешедшему в 1960 году в Управление космической медицины ГНИИИАиКМ. Профессор Ф.Д. Горбов, доктор психологических наук, признан основоположником науки «космическая психология».

Для понимания роли В.И. Яздовского и масштаба задач, которые он решал в 1960–1964 годах, важно иметь в виду Постановление ЦК КПСС и СМ СССР №1388-618 от 10 декабря 1959 г. «**О развитии исследований по космическому пространству**». На основании этого документа Институт (ГНИИИАиКМ) получает статус головного научного учреждения «**по проведению медико-биологических исследований и решению задач, обеспечивающих жизнедеятельность человека на космических ракетах**». Поэтому, будучи заместителем начальника ГНИИИАиКМ по космической медицине с мая 1960 года по март 1964 года, Владимир Иванович Яздовский в этот период и формально, и по факту своих должностных обязанностей являлся *руководителем медико-биологических исследований проблем космонавтики в нашей стране*. Как указано в Постановлении, исследования «по космическому пространству» необходимы (среди прочего) для решения проблем – «**осуществления первых полетов человека в космическое пространство**».

В 1956–1961 годах активность и глубина научных исследований существенно увеличилась. Во-первых, большой опыт, накопленный в предыдущих биологических экспериментах, и бурное развитие ракетной техники позволяли последовательно усложнять этапные задачи изучения проблем полета человека в Космос. Во-вторых, признание в высоких инстанциях успехов, перспективности и особой важности медико-биологических исследований в космонавтике обусловило принятие решений о расширении их штата и материально-технической базы. В этом проявился талант авторитетного организатора В.И. Яздовского.

Отдел, 3-е направление, затем Управление космической медицины пополнились новыми специалистами, имеющими жизненный, образовательный, научный опыт. В Управлении уже работали видные ученые: А.М. Генин, О.Г. Газенко, А.Р. Котовская, Е.М. Юганов, И.С. Балаховский, Л.Г. Головкин, А.С. Цивиашвили, А.А. Гюрджиан, С.А. Гозулов, И.И. Касьян, Е.Я. Шепелев, П.П. Саксонов, Н.Н. Гуровский, В.Г. Терентьев, Ф.Д. Горбов, М.Д. Емельянов, А.П. Кузьминов,

П.В. Васильев, И.Т. Акулиничев и др. Здесь уместно отметить, что в исследованиях по космической тематике принимали участие ученые из Управления авиационной медицины И.К. Исаков, В.А. Попов, Л.С. Хачатурьянц и их сотрудники. Появление новых типов ракет дало возможность провести следующие этапы биологических экспериментов. Исследования осуществлялись в полетах животных в герметической кабине геофизических ракет до высот 200–212 км, затем – 450–473 км, а также в орбитальных полетах на 2-м искусственном спутнике Земли (Лайка) и на кораблях-спутниках типа «Восток». В 1957 году прошла успешное испытание «выпестованная» С.П. Королёвым и его ближайшими сотрудниками ракета Р-7, с помощью которой затем облетит земной шар Ю.А. Гагарин. Предварительно на корабле «Восток» перед полетом Ю.А. Гагарина успешно прошли полеты собак Белки и Стрелки (1960 г.), Чернушки и Звездочки (1961 г.).

В 1959 году начинается непосредственная подготовка к осуществлению первых полетов человека в Космос. С особой тщательностью отбирали летчиков в отряд космонавтов, из 2000 человек отобрали первых 10 летчиков, которые в полном объеме прошли подготовку в ГНИИИАиКМ. Вначале успешно прошли исследования и испытания, о которых было сказано выше, внештатные врачи-испытатели, штатные солдаты-испытатели, затем отобранные 10 летчиков. К слову сказать, многие авиационные врачи писали заявление о добровольном желании испытать себя в реальном космическом полете. Первыми подали заявление В.И. Яздовскому еще в 1956 году его будущий заместитель А.М. Генин, И.И. Касьян, позднее – Е.Я. Шепелев и один из первых сподвижников ведущий сотрудник А.Д. Серяпин.

Период с 1956 года по 1961 год был крайне напряженным, особенно после 1959 года, когда отобрали летчиков – кандидатов в космонавты. Теперь желание стало реальностью. Окна в ГНИИИАиКМ светились и по ночам. Никогда так не был сплочен коллектив ученых, специалистов, средний персонал, никогда не было такого потрясающего энтузиазма, самообразования, масштабного исследования проблем человека в экстремальных условиях, такой гордости за причастность к великим свершениям. В подготовке первого космонавта, конечно, участвовали и члены Академии наук, Академии медицинских наук СССР в ранге консультантов.

Творческое участие приняли сотрудники ЦВНИАГ, которые несли ответственность не менее ГНИИИАиКМ в части экспертной оценки здоровья. В подготовку первого полета человека в Космос был вложен труд сотен тысяч участников создания ракетно-космической техники, ГНИИИАиКМ, ЦВНИАГ, ЦПК, Высшего руководства МО, ВВС, технических предприятий, конструирующих систему регенерации и кондиционирования воздуха (НПО «Наука» во главе с Г.И. Ворониным), создающих индивидуальное снаряжение космонавтов, включая скафандры, катапультное кресло, аварийно-спасательное снаряжение (НПО «Звезда» и ЛИИ МАП во главе с С.М. Алексеевым и Г.И. Севериным). Эти работы проводились при активном участии Управления космической медицины во главе с В.И. Яздовским. Труд этих людей увенчался великой победой – советский человек **первым в мире** облетел на **отечественной** ракете и корабле «Восток» Землю. Впервые в истории развития человечества Земляне всего мира (на какой-то пусть миг) ответили аплодисментами, добродетельным сердцебиением: пробудилось религиозное сознание единения земного человечества с Творцом. Да, это был МИГ, но МИГ, который отдается эхом на будущие тысячелетия.

Я как гражданин России, как специалист в области авиакосмической медицины и психологии горжусь, что у С.П. Королёва был соратник и единомышлен-

ник, **человек-эпоха Владимир Иванович Яздовский**. И в исторический момент, когда Юрий Гагарин сказал: «Поехали!», возле правой руки С.П. Королёва находился профессор Яздовский...

В памяти всех людей останется навсегда историческая, главенствующая роль В.И. Яздовского, первопроходца, основоположника космической биологии и медицины, организатора, Руководителя и суперактивного участника всех этапов **подготовки** к космическому подвигу нашей страны (1949–1961 гг.).

Всем хорошо известно, что на предполетных заседаниях Госкомиссии именно Владимир Иванович представлял заключение своего коллектива о результатах медицинской подготовки космонавтов. Давая разрешение на полет по медико-биологическим программам, Госкомиссия опиралась на данные ученых ГНИИИАиКМ. Хочу привести один интересный эпизод. Он описан в книге В.И. Яздовского «На тропах Вселенной» (с. 234).

В процессе полета у В.В. Терешковой были некоторые физиологические реакции, которые вызвали у С.П. Королёва опасения, и он потребовал от Госкомиссии полет прекратить. Председатель Госкомиссии Л.В.Смирнов дал понять, что это прерогатива руководителя медицинской программы. Владимир Иванович взял на себя ответственность и смелость не прерывать полет, т.к. физиологические реакции носят защитный характер, и никаких угроз здоровью он не видит. Для такого решения надо иметь волю, знания, уровень ответственности В.И. Яздовского.

Конечно, проходят годы, космонавтика развивается успешно, появляются новые руководители, которые иногда забывают, на чьих плечах они выросли, за чьей спиной, как за каменной стеной, они работали. И иногда путают место алфавитной буквы «Я», ставя Творца в положение участника, и называя В.И. Яздовского «один из»... Ну, что делать, социум наш не всегда отличался справедливостью.

Но я могу утверждать, что нынешнее научное поколение читает историю космонавтики и отдает почести не просто за заслуги, а за *исторический вклад в космическую медицину, в развитие нашего Государственного научно-исследовательского испытательного института авиационно-космической медицины – лучшего института в Европе*. Я не говорю уже о создании Центра подготовки космонавтов, впоследствии достигшего мирового уровня, в том числе и в вопросах медико-психологического обеспечения полета. ЦПК имени Ю.А. Гагарина имеет престиж и уважение всех людей на Земле. Именно наша страна, наши космонавты, наши врачи и психологи обеспечили полеты европейских, китайских, японских, корейских летчиков и ученых. Сегодня, в не самые лучшие дни нашей отрасли, особо глубоко ощущаешь роль В.И. Яздовского, крупного разностороннего ученого, создавшего научную школу космических исследований, объединившего сотни специалистов и приведшего их к победе. Доказательством творческой продуктивности, организованности, исключительной дисциплинированности и ответственности всех сотрудников ГНИИИАиКМ, участвовавших во главе с Владимиром Ивановичем в космической программе, является ее результат (1961–1963 гг.).

Трудом талантливых коллективов под руководством В.И. Яздовского были выполнены задачи медико-биологического обеспечения первого в истории человечества полета в Космос Ю.А. Гагарина и пяти других космонавтов Первого отряда. За выполнение всех направлений медико-биологической программы космических полетов, за здоровье космонавтов в эти годы нес единоличную ответственность именно В.И. Яздовский, руково-

датель медико-биологических исследований проблем космонавтики в нашей стране в 1949–1964 гг.

Результат многогранен, многоаспектен, имеет историческую ценность для всей планеты Земля. Полеты космонавтов означали – **МИР ВАШЕМУ ДОМУ**. Космическая эра в СССР, хотя и была в определенной степени политизирована, но, по сути, космогоническая концепция, направленная на улучшение социального и экологического климата жителей планеты: контроль и предупреждение цунами, пожаров, засухи, последствий «просыпания» вулканических действий. Прогнозирование погоды, разведка земных ресурсов, развитие связи, телеметрии, навигации, «профилактика» применения атомного оружия, расширение творческих возможностей ученых: физиков, математиков, астрономов, химиков в более глубоком познании законов мироздания. Весь этот сокращенный перечень задач космического полета решает **ЧЕЛОВЕК**. Вот почему гуманитарная, социально-психологическая, медико-биологическая, нравственно-духовная составляющие человеческой деятельности в космосе играют ведущую роль.

Никогда так высоко, авторитетно не поднималась отечественная медицина. Космическая медицина, что бы ни говорили, выросла на плечах В.И. Яздовского, доктора медицинских наук, профессора, лауреата Государственной премии СССР, кавалера ордена Ленина, двух орденов Отечественной войны, Трудового Красного Знамени, Дружбы народов, Красной Звезды, почетного академика Академии космонавтики им. Э.М. Циолковского. Заслуги Владимира Ивановича получили высокое признание и зарубежных коллег. Он является академиком Международной академии астронавтики, лауреатом Международной авиамедицинской академии, награжден Большой Золотой медалью (1962 г.). Невозможно переоценить титанический труд В.И. Яздовского, ученого, организационно создавшего отечественную космическую биологию и медицину, концепцию основ медико-биологической подготовки первого полета человека в Космос, претворившего в жизнь достижения науки в триумфальных полетах всех космонавтов Первого отряда, медико-биологическим обеспечением которых он руководил. И именно В.И. Яздовский единолично отвечал за здоровье космонавтов, которое обеспечивали врачи и психологи ГНИИИАиКМ, ЦПК, ЦВНИАГ.

Полковник медицинской службы В.И. Яздовский выполнил свою линию жизни христианской любви к человеку, сохранения чести, совести, нравственно-духовной ответственности за порученное ему государственное задание. Не все было так просто, как написано на бумаге. Но только те стали заслуженными, всемирно известными людьми, которые прошли путь «через тернии к звездам». Владимир Иванович был патриот своей Родины, прекрасный семьянин, воспитатель замечательных детей, провидец и реализатор самых сложных, самых новых идей. Прошли годы, никто не забыт, ничто не забыто. Каждый день в ГНИИИАиКМ, приходя на работу, сотрудники видят: на них смотрит с мемориальной доски дорогой **образ** В.И. Яздовского. Ученый Совет ГНИИИАиКМ вышел с ходатайством о присвоении ему посмертно звания Героя России и установки памятника на Аллее космонавтов.

Краткое послесловие

Владимир Иванович задолго до полетов космонавтов пришел к окончательному выводу о необходимости создания специального Института медико-биологических проблем. (Письмо в ЦК КПСС **28 июня 1958 г.**). Он понимал и предвидел даль-

нейшее развитие пилотируемой космонавтики и, прежде всего, длительных полетов, углубления исследований в области антропологии, надежностных характеристик человека летающего, создания космических станций, в том числе и международных, более широкое их оснащение научным оборудованием, тренажерами, диагностической аппаратурой, совершенной связью, необходимости включения в экипаж ученых и врачей. Предстоит обеспечивать экипажи в сверхдлительных полетах на *дальние планеты*. А стало быть, всегда впереди многомерное «НЕЗНАЕМОЕ» как в области техники, так и в области человеческого фактора. Яздовский приступил к созданию новой Программы полетов, активно ее обсуждал, естественно, в закрытом режиме. Но, к большому сожалению, умирает С.П. Королёв, приходят новые руководители с несколько другим отношением к роли человека на борту космического корабля и надежности человеко-машинных систем, с другим мировоззренческим видением перспективы космонавтики. В 1964 году вышло постановление Совмина СССР о создании Института медико-биологических проблем (ИМБП). В его основной состав вошли более 200 сотрудников ГНИИИАиКМ, из них 90 % из управления В.И. Яздовского...

Космонавтика продолжала развиваться. Появились космические станции, выполнялись длительные полеты, новые варианты полетов автоматических станций к дальним планетам. Идеи Владимира Ивановича, разработанные в ГНИИИАиКМ им лично и совместно со своими сотрудниками, активно использовались. Однако последующие научные программы все больше исповедовали технократический труд, медико-биологические вопросы, особенно психологические, касались лишь одного – выживания в космическом полете, психофизиологического отбора и профессиональных тренировок. Была затоплена станция «МИР», уничтожен «Буран». Международная космическая станция стала для нас больше прибежищем и, в определенном смысле, коммерцией за доставку на орбиту МКС международных экипажей. Министерство обороны не оценило научной и экономической полезности своих станций, в т.ч. в области оборонного значения, не увидело аполитичности своих решений, особенно в вопросе отказа от ЦПК. Экспериментальная, научно-практическая база, глубочайшие разработки содержания профессиональной подготовки, методология медико-биологического контроля и защиты человека на борту ПКА оказались не нужны МО. Роскосмос пытается сохранить и развивать ракетно-космическую тематику, главным образом в технико-экономическом прорывном аспекте. А ведь сохранение миллиардной стоимости опыта ГНИИИАиКМ, ЦПК, ИМБП и дальнейшее развитие его требует своей мощной финансовой поддержки.

Российская академия наук, благодаря продуктивным усилиям вице-президента РАН А.И. Григорьева, взяла под крыло ИМБП, и там продолжают, даже при недостаточном финансировании, наращивать знания для обеспечения полетов человека к дальним планетам и обеспечивать научные исследования и безопасность на МКС. Но нужны и новые идеи мировоззренческого уровня. Нам не продвинуться без исследований стержневой темы – личности человека, его психической и духовной сферы, его потребности познания себя во Вселенной, своих новых резервов и возможностей.

Нужна новая мотивация человека, новая душа, новый дух. Необходимо познание истоков религиозного сознания в части человеколюбия, самооценки, свободы, принятия условий переформирования социума, образов восприятия, трансформации чувств в регуляцию сверхсознания.

Та цивилизация, которая сейчас в России, изменяет код жизнеустойчивости православной культуры, извращает тысячелетние ценности человека и неба. Либерализация в том виде, какой мы видим и каким дышим, вытравливает чисто человеческий облик. А ведь космическое сознание, по мнению конструктора двигателей ракет, включает в себя единение людей вокруг общечеловеческих вызовов, вокруг общечеловеческих задач. С огромным почитанием хочу привести три мнения о будущей космонавтике: Владимира Солнцева – директора завода космических двигателей, т.е. *инженера*, члена-корреспондента РАН; летчика-космонавта, члена-корреспондента РАН, дважды Героя Советского Союза В.В. Лебедева; космонавта-испытателя С. Жукова.

Ведь именно эти направления в своих прогностических проектах будущей космонавтики предвидел В.И. Яздовский.

Вот как представляет социопсихологические основы будущей космонавтики В. Солнцев.

«Нужны новые умы, которые будут создавать новое поколение космической техники. Поэтому наша стратегия связана с космосом будущего, с космосом двадцатого, тридцатого, сорокового года. Дальше ведь Луна, Марс, Венера, Сатурн. Мы сегодня должны осмыслить: какие двигатели помчат ракеты в эти галактики, на каких носителях будет осуществляться дальнейший штурм человеком космоса. Я считаю, что люди, создающие космические аппараты, работающие в космосе и во имя космоса – это особая, если угодно, раса. Эта каста обладает огромным потенциалом, особой этикой, целеустремлением и волей, **она в состоянии изменить климат во всей стране**, вернуть обществу утраченные им представления и задачи. В недрах этой касты сберегается нравственность, сберегаются идеалы. И люди космической отрасли, не побоюсь это сказать, в каком-то смысле являются лучшими людьми, цветом нации. *Неодухотворенное железо, из которого создаются великолепные машины, никогда не улетит в небо, если к нему не прикоснутся одухотворенные люди. Люди передают свою душу железу. И оно становится одухотворенным, живым, крылатым.*

~ человек не может состоять только из одних мыслей, он не исчерпывается интересом машинным. Человек – это душа, это душевные переживания, душевная тайна. Космос – это бездонная чаша. Быть может края ее сделаны из драгоценных металлических сплавов, но в глубине ее таится бесконечный космический дух» (*Интервью-беседа А. Проханова с В.В. Солнцевым*, газета «Завтра» № 17, 2012).

А ведь эти золотые мысли о наших героях С.П. Королёве, В.И. Яздовском.

Лебедев В.В. – летчик-космонавт, дважды Герой Советского Союза, член-корреспондент РАН.

«Давно уже возникла необходимость взглянуть на миссию человека в космосе с позиции современного уровня развития техники и научно-философски ее обосновать теми задачами, решение которых доступно только ему. Успехи пилотируемых полетов продолжали оценивать **не достигнутыми результатами научных исследований, а по факту выполнения полета без происшествий за счет своевременного ремонта и профилактики корабля и станции.** Завороженные успехами космической техники, о предназначении человека в космосе так и не задумались. Человек оказался встроенным в космическую технику без глубокого обоснования. Зачем он там нужен. Должен оцениваться интерес к человеку, его индивидуальности, что туда привело, чем заслужил право оказаться в столь необычной среде. Ведь ему открывается мир, недоступный другим, поэтому привлекает его творческий поиск в познании этого мира со множеством загадок и

проблем, чтобы людям стало понятным, есть ли перспектива движения человечества в космос или это просто фантазия. Без творческой одержимости космические полеты, тем более такие, как на Марс, – теряют всякий смысл, а посылать туда людей за тем, чтобы восхищать и поражать *человечество мужеством выживания* – бессмысленная задача. Космос – не место для выяснения отношений, он должен служить только гуманным целям улучшения возможности связи, навигации, размещения солнечных электростанций, промышленных установок для получения лекарств и различных материалов со свойствами, недостижимыми на Земле, *освещения заполярных районов, развития туризма, образования помощи в оздоровлении людей в условиях невесомости*. И, конечно, космос – это дорога в мир фундаментальных исследований, открывающих простор для совместной работы ученых разных стран. Сегодня нет прорывных проектов, понятных обществу. Во многом это связано с некомпетентностью власти, которой не по силам созидательные дела, потому что она не выросла с народом на трудностях в решении проблем страны. Мы потеряли свою перспективу в космонавтике, нет уже одержимых идей освоения космоса, подвижников, уничтожен плодородный слой, из которого они поднимались». (Газета «Советская Россия», № 49, 12 мая 2012, статья «Уходящая романтика космоса».)

Вот оно, пронзительно-творческое мышление, гражданское мужество, органический патриотизм, святость любви к правде, **к созиданию**.

С. Жуков. «Стать космонавтом». Изд РТСофт, 2011.

«Людам пора отойти от идеи покорения космоса. **Следует ему соответствовать**. Необходимо глубоко изучать феномены сознания человека летающего, его взаимодействия с окружающей средой. Исследовать свойство сознания человека летающего в состоянии измененного сознания при возникновении иллюзий. Длительные пилотируемые полеты в целях исследования и освоения Луны, Марса, расселения вне Земли будут сопровождаться трансформацией сознания человека под воздействием окружающей среды. Летно-космическая практика тем более приводит к Богу. Летчики-космонавты религиозны в высоком смысле. Этому их учит риск и опыт неба».

Прекрасную книгу-летопись о подготовке к полету в космос опубликовал С. Жуков. Все приведенные мысли не могут оставить нас равнодушными. Я – их единомышленник: еще в 1993 году опубликовал книгу «Страна Авиация: черное и белое», а в ней главу: «Есть ли Бог в душе летчика?» Издательство Академии было крайне удивлено моим богоискательством. Но не было никакого Богоискательства, был психологический анализ влияния Неба (ноосферы) на сознание летчиков-испытателей, на их внутренний духовный мир, на формирование их одухотворенности как реализации добра, укрепления совести. «Небо чистит нутро», – писал мне летчик А. Зизико. Приятно, что в братстве летающих людей, конструирующих летательные аппараты, в том числе и ракеты, формируется созидательный ум.

Нет, не пропала наша страна. Дело и мысли первопроходцев Космоса, в т.ч. нашего космического Апостола Владимира Ивановича Яздовского, не пропало, эстафетная «небесная» палочка принята. Из песни слов не выкинешь: «...на пыльных тропинках далеких планет останутся наши следы».

Мы, авиационные и космические медики, гордимся, что и наш Учитель, Гражданин Советского Союза, профессор Владимир Иванович ЯЗДОВСКИЙ оставил для нас планетарный след, по которому будем идти во славу своему Христианскому Отечеству.

Как писал писатель В. Крупин в статье «Душа у Вселенной православная»: «У славян высшая ценность – порядочность и жертвенность» («Современник», № 4, 2012, с. 242).

«Западом наказал нас Господь», – писал святитель Феофан Затворник.

«Вот и нам приходит, – писал Затворник, – приходит срок вступать в открытую полемику с Западом. Самообольщенная уверенность не дает им внимать Истине».

Как видите, полеты в космос, полеты в околоземном пространстве всех видов авиации и космических кораблей рожают смыслообразующую ценность – Богосотворчество любви к человечеству. Аминь.

В.А. ПОНОМАРЕНКО
академик Государственной российской академии образования,
профессор авиакосмической психологии,
заслуженный деятель науки РФ

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, С.А. Дедова*

Подписано в печать 08.04.2013 г.
Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.
Усл. печ. л. 12,08. Тираж 120 экз. Зак. 73-13.

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