

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ю.В. Лончаков

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ:**

В.А. Сиволап –
заместитель
главного редактора,

А.В. Кальмин –
ответственный секретарь,

О.М. Алифанов,

Ю.М. Батурин,

М.Н. Бурдаев,

Л.К. Васильева,

Н.В. Волкова,

О.С. Гордиенко,

П.П. Долгов,

В.М. Жуков,

С.А. Жуков,

С.В. Игнатьев,

Р.Р. Каспранский,

О.Д. Кононенко,

Б.И. Крючков,

А.А. Курицын,

Г.Д. Орешкин,

В.И. Почуев,

В.Н. Саев,

В.П. Соколов,

Ю.Б. Сосюрка,

И.Г. Сохин,

В.М. Усов,

А.С. Харланов,

В.И. Ярополов.

СОДЕРЖАНИЕ

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС.....4

Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-49/50 при выполнении программы космического полета. *А.И. Борисенко*4

Медицинское обеспечение полета экипажа МКС-49/50 (экспресс-анализ). *В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова*15

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС30

Автоматизация управления деятельностью учреждения. *М.М. Харламов, О.Н. Жохова*.....30

Совершенствование организационно-методического обеспечения подготовки космонавтов. *Ю.И. Маленченко, В.Н. Дмитриев*.....39

Опыт разработки и применения прототипов элементов системы информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров ПККА. *А.И. Жохов*46

Система вентиляции многомодульного обитаемого космического комплекса как связующее звено систем регенерационного комплекса жизнеобеспечения. *С.Ю. Романов, А.П. Елчин, А.С. Гузенберг*.....58

Новые подходы к организации процесса формирования профессиональных летных качеств космонавтов. *В.Г. Сорокин*72

Диаграммы рассеяния масштабных макетов космического мусора в условиях солнечно-лазерного подсвета. *В.М. Жуков*90

Лингвометодические основы подготовки астронавтов по русскому языку в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. <i>И.В. Супрун</i>	107
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ	114
Исторические аспекты затопления орбитального комплекса «Мир». <i>Ю.И. Маленченко, В.И. Ярополов, А.А. Курицын</i>	114
Информация для авторов и читателей	129

CONTENTS

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS	4
Main Results of the ISS-49/50 Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. <i>A.I. Borisenko</i>	4
Medical Support of the ISS-49/50 Crew Members (Express Analysis). <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova</i>	15
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS	30
Automation of the Management of the Institution Activity. <i>M.M. Kharlamov, O.N. Zhokhova</i>	30
Improvement of Organizational-Methodical Support of Cosmonaut Training. <i>Yu.I. Malenchenko, V.N. Dmitriev</i>	39
Experience in Developing and Applying the Prototypes of Elements of the Informational Support System for Designing, Running, and Intended Use of Manned Spacecraft Simulators. <i>A.I. Zhokhov</i>	46
Ventilation System of a Multimodule Habitable Space Complex as a Connecting Link Between Systems of the Life Support Regeneration Complex. <i>S.Yu. Romanov, A.P. Elchin, A.S. Guzenberg</i>	58
New Approaches to the Organization of the Formation Process of Cosmonauts' Professional Flight Skills. <i>V.G. Sorokin</i>	72
Scattering Diagrams of Scaled Models of Space Debris under Conditions of Solar-Laser Illumination. <i>V.M. Zhukov</i>	90
Linguistic and Methodological Foundation of Astronaut Training in the Russian Language at the Gagarin Cosmonaut Training Center. <i>I.V. Suprun</i>	107
HISTORY. EVENTS. PEOPLE	114
Historical Aspects of Sinking the Orbital Complex "Mir". <i>Yu.I. Malenchenko, V.I. Yaropolov, A.A. Kuritsyn</i>	114
Information for Authors and Readers	129

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-49/50 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА А.И. Борисенко

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ А.И. Борисенко
(Роскосмос, Россия)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-49/50 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС-02» 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-49/50 Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. A.I. Borisenko

The paper considers results of the ISS-49/50 expedition's activity aboard the «Soyuz MS-02» transport spacecraft and ISS. Also, it presents the comparative analysis and estimation of the crew's contribution to the general ISS flight program. Particular attention is paid to the implementation of scientific applied research and experiments aboard the station. Remarks and suggestions to improve the ISS Russian Segment are given.

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

Состав экипажа и основные результаты полета

Основной экипаж длительной экспедиции МКС-49/50 в составе:

Рыжиков Сергей Николаевич	командир ТПК «Союз МС-02» бортинженер МКС-49/50 (Роскосмос, Россия)
Борисенко Андрей Иванович	бортинженер ТПК «Союз МС-02» бортинженер МКС-49/50 (Роскосмос, Россия)
Кимброу Роберт Шейн	бортинженер-2 ТПК «Союз МС-02» бортинженер МКС-49 (НАСА, США) командир МКС-50 (НАСА, США)

выполнил космический полет длительностью 173 суток с 19 октября 2016 года по 10 апреля 2017 года. Позывной экипажа ТПК «Союз МС-02» – «Фавор».



Экипаж экспедиций МКС-49/50

Опыт полетов членов экипажа

Рыжиков Сергей Николаевич в отряде космонавтов с 11 октября 2006 года. До назначения в экипаж опыта космических полетов не имел.

Борисенко Андрей Иванович в отряде космонавтов РКК «Энергия» с 29 мая 2003 года. До назначения в экипаж выполнил один космический полет с 5 апреля по 16 сентября 2011 года в качестве инженера ТПК «Союз ТМА-21», бортинженера МКС-27, командира МКС-28. Продолжительность полета составила 164 сут. 5 ч 50 мин.

Кимброу Роберт Шейн – астронавт НАСА, полковник Сухопутных войск США (в запасе). До назначения в экипаж совершил космический полет с 14 по 30 ноября 2008 года в качестве специалиста полета МТКК «Шаттл» в составе STS-126. В ходе полета Кимброу выполнил два выхода в открытый космос общей продолжительностью 12 ч 52 мин. Продолжительность полета составила 16 сут.

Основные итоги полета

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз МС-02» был осуществлен 19 октября 2016 года с космодрома Байконур (Казахстан). $T_{КП} = 11:05:14$; $T_{КО} = 11:14:03$ декретного московского времени (ДМВ).

Параметры орбиты выведения: период $T = 88,72$ мин, наклонение $i = 51,66$ град., высота $h \times H = 198,2$ км \times 254,2 км.

В космическом полете выполнены следующие работы:

– доставка экипажа экспедиции МКС-49/50 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 21 октября 2016 года ТПК «Союз МС-02» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ2 ($T_{М.з.} = 12:52:27$ ДМВ). Сближение транспортного пилотируемого корабля выполнялось по двухсуточной схеме;

– сближение американского грузового корабля «Cygnus OA-5» с МКС, захват манипулятором SSRMS, перемещение и установка корабля на надирный порт модуля Node1 АС МКС осуществлены 23 октября 2016 года ($T_{стыковки} = 18:04$ ДМВ);



Экипаж МКС-49/50 перед стартом

- расстыковка ТПК «Союз МС» от стыковочного узла модуля МИМ1 выполнена 30 октября 2016 года ($T_{\text{РАССТЫКОВКИ}} = 03:55:01$ ДМВ);
- стыковка ТПК «Союз МС-03» к стыковочному узлу модуля МИМ1 выполнена 20 ноября 2016 года ($T_{\text{М.З.}} = 00:58:15$ ДМВ). Сближение транспортного пилотируемого корабля проводилось по двухсуточной схеме;
- научные исследования и эксперименты в соответствии с программой НПИ;
- техническое обслуживание бортовых систем, ремонтно-восстановительные работы, дооснащение, проведение телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок, работы по программе символической деятельности;
- расстыковка американского грузового корабля «Cygnus OA-5» от модуля Node1 AC МКС проведена 21 ноября 2016 года. Время отделения от манипулятора станции SSRMS – 16:22 ДМВ;
- сближение японского грузового корабля HTV-6 «Конотори» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля к надирному порту Node2 AC МКС выполнены 13 декабря 2016 года ($T_{\text{ЗАТЯЖКИ БОЛТОВ}} = 15:47$ ДМВ);
- перемещение грузового корабля HTV-6 «Конотори» от надирного узла Node2 в положение «освобождение», расстыковка от МКС осуществлены 27 января 2017 года (время отделения от манипулятора станции SSRMS – 18:46 ДМВ);
- расстыковка ТГК «Прогресс МС-03» от модуля СО1 РС МКС проведена 31 января 2017 года ($T_{\text{ФАКТИЧЕСКОЙ РАССТЫКОВКИ}} = 17:25:09$ ДМВ);
- сближение американского грузового корабля многоразового использования SpaceX-10 «Dragon» с МКС, захват манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля на надирном порту модуля Node2 AC МКС выполнены 23 февраля 2017 года ($T_{\text{ЗАТЯЖКИ БОЛТОВ}} \sim 17:15$ ДМВ);
- стыковка ТГК «Прогресс МС-05» к модулю СО1 осуществлена 24 февраля 2017 года ($T_{\text{М.З.}} = 11:29:49$ ДМВ). Сближение транспортного грузового корабля проводилось по двухсуточной схеме;

– расстыковка американского грузового корабля SpaceX-10 «Dragon» от модуля Node2 АС МКС выполнена 19 марта 2017 года. Время отделения от манипулятора станции – 12:11 ДМВ;

– возвращение экипажа МКС-49/50 на Землю, расстыковка и посадка ТПК «Союз МС-02» выполнены 10 апреля 2017 года. Время физической расстыковки от стыковочного узла модуля МИМ2 – 10:57:27 ДМВ, время посадки СА – 14:20:25 ДМВ.



Экипаж МКС- 49/50 после посадки. Казахстан

Состав экипажа корабля «Союз МС-02» при выполнении спуска:

- Рыжиков Сергей Николаевич – командир корабля (Роскосмос, Россия);
- Борисенко Андрей Иванович – бортинженер (Роскосмос, Россия);
- Кимброу Роберт Шейн – бортинженер-2 (НАСА, США).

Основные задачи подготовки экипажа к полету

Подготовка к полету экипажа МКС-49/50 проводилась с 29 декабря 2014 года. Программа подготовки была разработана с учетом задач полета, уровня подготовленности и функциональных обязанностей членов экипажа.

Основными задачами подготовки по МКС и ТПК «Союз МС-02» являлись:

- формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз МС-02»;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при управлении бортовыми системами и агрегатами ТПК на всех этапах полета (в штатных и нештатных ситуациях);
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении сближения, причаливания, стыковки и перестыковки ТПК «Союз МС» 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;
- отработка действий членов экипажа в аварийных ситуациях на МКС: пожар, разгерметизация, токсичность атмосферы;

- 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;
- отработка навыков выполнения сближения и причаливания ТГК «Прогресс МС» на стыковочные узлы РС МКС в режиме ТОРУ;
- контроль автоматического сближения и стыковки ТГК «Прогресс МС» с МКС;
- подготовка экипажа к приему, передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-48/49, МКС-50/51;
- выполнение операций по консервации и расконсервации ТПК, операций по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- эксплуатация бортовых систем РС МКС (модули ФГБ, СМ, СО1, МИМ1, МИМ2);
- выполнение технического обслуживания, ремонта и дооснащения систем РС МКС;
- ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладки снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемых кораблях;
- выполнение программы научно-прикладных исследований и экспериментов на российском сегменте МКС, в том числе выполнение медико-биологических исследований и экспериментов;
- выполнение типовых операций ВКД в случае внеплановых работ;
- 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.

По техническим причинам старт ТПК «Союз МС-02» был перенесен с 23 сентября на 19 октября 2016 года.

Полет на борту транспортного пилотируемого корабля «Союз МС-02»

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз МС-02» был произведен 19 октября 2016 года с космодрома Байконур.

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

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно,
 $T_{\text{КП}} = 11:05:14$; $T_{\text{КО}} = 11:14:03$ ДМВ.

Сближение ТПК «Союз МС-02» осуществлялось по двухсуточной схеме. Двухимпульсный маневр первого интервала маневрирования дальнего сближения с МКС проводился на 3–4 витках после отделения от РН. На ТПК «Союз МС-02» проводилась отработка и демонстрация работы систем КДУ и СУДН путем выдачи второго импульса двухимпульсного маневра с использованием аналогового контура. Для этого экипаж проводил включение и отключение СКД вручную в режиме РО АК. При этом в процессе выдачи экипажем ряда команд было выявлено одно несоответствие БД. А именно: когда экипаж выдал предписанную БД команду ВКЛ ТАНГАЖ РАЗГОН К5, данный транспарант не загорелся, о чем КК

сразу же доложил по связи в ЦУП-М. Данный транспарант загорелся только после выдачи команды на вкл. РО АК Л1.

На 13–14 суточных витках производилось автоматическое построение орбитальной ориентации на торможение в аналоговом контуре с использованием БУРКА. Для этого экипаж в назначенное время выполнил переход в АК и, выдав ряд команд, запустил автоматическое построение ОСК на торможение и контролировал по ВСК-4 построение местной вертикали, затем курсового угла в ОСК на торможение. Одноимпульсный маневр второго интервала маневрирования дальнего сближения с МКС проводился на 17-м витке. В конце вторых–начале третьих суток полета проводилось автономное сближение с МКС. Автономное сближение завершилось на расстоянии 400 м до станции, после чего выполнялся автоматический облет, причаливание и стыковка к модулю МИМ2.

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля, контроль герметичности стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открытие переходных люков. Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы автономного полета ТПК «Союз МС-02».

10 апреля 2017 года, завершив программу полета на борту МКС, началась подготовка экипажа к расстыковке ТПК «Союз МС-02» от МКС. На 11-м суточном витке проведена расконсервация корабля. Переход на автономное питание выполнен экипажем на этом же витке по указанию Земли в 07:10:00 ДМВ. После разрешения ЦУПа-М в 07:50 ДМВ экипаж выполнил ЗПЛ на 12-м суточном витке. На этом же витке проведена проверка герметичности переходных люков.

На 13-м суточном витке после перехода в СА и закрытия люка СА-БО экипаж приступил к проверке герметичности скафандров и люка СА-БО. Проверка герметичности скафандров и люка прошли без замечаний.

Расстыковка выполнена 10 апреля 2017 года на 14-м суточном витке в автоматическом режиме в дежурной ориентации МКС с последующим двухимпульсным отводом в автоматическом режиме. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа-М выдана экипажем в 10:56:00 ДМВ, время фактической расстыковки – 10:57:27 ДМВ.

Спуск выполнен по штатной программе. Включение СУДН для выполнения спуска выполнено на 15-м суточном витке в 12:26:40 ДМВ, посадка – на 1-м суточном витке. По указанию ЦУПа-М в 13:18:31 ДМВ экипаж ввел запрет ИКВ-1 и ИКВ-2. Время включения СКД для выдачи тормозного импульса – 13:28:31 ДМВ. Двигатель штатно отработал тормозной импульс 127,98 м/с без замечаний. Разделение отсеков прошло в 13:55:22 ДМВ. Фактический вход в атмосферу в 13:59:37 ДМВ. Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС. Внеатмосферный промах составил +3 секунды. Максимальная перегрузка – 4,2 единицы (по докладу экипажа). Специалисты ПСС обнаружили СА под куполом на парашюте в расчетном районе, установили связь с экипажем и визуальный контакт в 14:11 ДМВ. Посадка спускаемого аппарата осуществлена 10 апреля 2017 года в 14:20:25 ДМВ в расчетной точке с координатами 47°19'2" с.ш., 69°35'6" в.д. Двигатели ДМП работали штатно. Аппарат после посадки находился в вертикальном положении несколько секунд. Из-за наполнения воздухом купола парашюта СА перевернулся на бок, затем его протащило по земле ориентировочно в течение 4 секунд. После этого экипаж отстрелил одну стренгу парашюта и купол парашюта погасился. Работа по эвакуации экипажа началась ориентировочно в 14:30 ДМВ.

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-49/50 работал на борту МКС 171 сутки с 21 октября 2016 года по 10 апреля 2017 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, большое количество телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок.

Для продолжения дальнейшей эксплуатации МКС в пилотируемом режиме на российском сегменте выполнены следующие основные работы по материально-техническому обслуживанию систем:

- регламентные работы с управляющим лэптопом ЦП RS1;
- тестовые проверки бегущей дорожки БД-2;
- проведение диагностики приборов блока фильтров БФ-2, блока сборных шин СЭС ФГБ с инфракрасной камерой;
- измерение температур корпуса и разъемов ПТАБ-1М А303, А308 при циклировании соответственно АБ № 3, № 8 в СМ;
- профилактические работы с файловым сервером FS1 и БРИ в СМ;
- техническое обслуживание бегущей дорожки БД-2;
- тестовые проверки функционирования визуальных оптических приборов СУДН (ВП-2, ПУМА, ВШТВ);
- осмотр и чистка управляющих лэптопов RS1, RS2, RS3;
- мониторинг состояния поверхности элементов конструкции корпуса СМ с использованием многофункционального вихретокового прибора (МВП-2К).

Выполнены основные ремонтно-восстановительные работы и дооснащение РС МКС:

- замена блока продувки азотом (БПА-М) в СКО «Электрон-ВМ»;
- замена светового блока СД1-7 в МИМ1;
- замена пульта управления системы СРВ-К2М;
- замена блока колонок (БК) блока кондиционирования воды системы СРВ-К2М, пролив БК;
- замена блока ЭА025М ЗУ2Б телеметрической системы БР-9ЦУ-8 в ФГБ;
- замена компрессорной установки (КУ) СКВ1;
- дозаправка хладонового контура СКВ1 хладоном из баллонов, тестовое включение СКВ1;
- замена полотна на тренажере БД-2 (бегущая дорожка);
- демонтаж блока коммутации питания средств радиационного контроля;
- замена извещателей дыма ИДЭ-3 в ФГБ;
- установка новой версии (v.4.2) ПО «Picasa» на лэптопы RSK1, RSK2;
- установка оборудования аудиовидеокomплекса «Агат-2»;
- установка обновления программного обеспечения на пульт управления тренажера БД-2;
- прокладка и подключение кабелей к приборам СНТ25 и СНТ26 в рамках интеграции МЛМ с МКС.

В процессе работ по связям с общественностью проведены видеосъемки ТВ-приветствий: ветеранов Качинского военного авиационного училища, участников конференции ветеранов Вооруженных сил, участников «Аэрокосмической школы-2016» в Московском физико-техническом институте; ТВ-сеансы

связи с участниками Международной космической олимпиады школьников, с руководством РКК «Энергия» имени С.П. Королёва, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», ГНЦ РФ–ИМБП РАН, из лабораторного модуля «Дестини» (LAV) с участниками Всероссийского фестиваля, видеосъемка поздравлений с Днем защитника Отечества, Колледжа космического машиностроения и технологий с 70-летием, Международным женским днем 8 Марта. Проведены видеосъемки жизни на станции экспедиций МКС-49 и МКС-50 на борту РС МКС для сайта Роскосмоса и социальных сетей. Выполнены работы по программе символической деятельности.

В соответствии с программой полета 1 декабря 2016 года был осуществлен пуск транспортного грузового корабля «Прогресс МС-04». На 384-й секунде полета с момента пуска (КП – 17:51:52 ДМВ) по телеметрии зафиксировано нерасчетное значение параметров КО1 и КО4 (контакт отделения от РН), что опережает расчетное время контакта отделения примерно на 100 секунд. На время 17:58:15 зафиксировано пропадание ТМИ с РН, на время 18:00:46 – ТМИ с КА. В результате аварии ТГК «Прогресс МС-04» был утерян.

В связи с изменением программы полета посадка экипажа МКС-49/50 перенесена с 25 февраля на 10 апреля 2017 года.

Совместный полет с другими экипажами МКС

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-48/49, МКС-50/51.

С 21 октября 2016 года по 30 октября 2016 года – совместный полет с экипажем МКС-48/49 в составе:

- Иванишин Анатолий Алексеевич (бортинженер экспедиции МКС-48, командир экспедиции МКС-49, Роскосмос, Россия);
- Ониши Такуя (бортинженер МКС-48/49, ДжАКСА, Япония);
- Рубинс Кэтлин (бортинженер МКС-48/49, НАСА, США).

С 20 ноября 2016 года по 10 апреля 2017 года – совместный полет с экипажем МКС-50/51 в составе:

- Новицкий Олег Викторович (бортинженер МКС-50/51, Роскосмос, Россия);
- Песке Тома (бортинженер МКС-50/51, ЕКА, Франция);
- Уитсон Пегги (бортинженер МКС-50, командир экспедиции МКС-51, НАСА, США).

Внекорабельная деятельность

По программе РС МКС выход в открытый космос экипаж не выполнял.

В соответствии с программой АС МКС в процессе полета экспедиции было выполнено четыре выхода в открытый космос.

Первый выход в космос ВКД-38 был осуществлен из шлюзового отсека Airlock 6 января 2017 года в скафандрах EMU. Выход совершили операторы Роберт Шейн Кимброу (бортинженер экспедиции МКС-49, командир экспедиции МКС-50) и Пегги Уитсон (бортинженер МКС-49/50). Время открытия выходного люка – 12:22 ДМВ, закрытия – 18:51 ДМВ. Продолжительность выхода – 6 ч 29 мин.

Второй выход ВКД-39 осуществлен 13 января 2017 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах EMU. Выход совершили операторы Роберт Шейн Кимброу (бортинженер экспедиции МКС-49, командир экспедиции МКС-50) и

Тома Песке (бортинженер МКС-49/50). Время открытия выходного люка – 14:21 ДМВ, закрытия – 20:17 ДМВ. Продолжительность выхода – 5 ч 56 мин.

Третий выход ВКД-40 выполнен 24 марта 2017 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход совершили операторы Роберт Шейн Кимброу (бортинженер экспедиции МКС-49, командир экспедиции МКС-50) и Тома Песке (бортинженер МКС-49/50). Время открытия выходного люка – 14:22 ДМВ, закрытия – 20:50 ДМВ. Продолжительность выхода – 6 ч 28 мин.

По докладу американской стороны в 20:33 ДМВ в связи с тенденцией к повышению уровня CO_2 в скафандре ЕМУ у оператора Роберт Шейна Кимброу специалистами ЦУПа-Х решено прекратить выполнение ВКД (максимально допустимого значения CO_2 не достигнуто). Все задачи ВКД-40 выполнены полностью.

Четвертый выход ВКД-41 осуществлен 30 марта 2017 года из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ. Выход выполнили операторы Роберт Шейн Кимброу (бортинженер экспедиции МКС-49, командир экспедиции МКС-50) и Пегги Уитсон (бортинженер МКС-49/50). Время открытия выходного люка – 14:25 ДМВ, закрытия – 21:28 ДМВ. Продолжительность выхода – 7 ч 03 мин.

По докладу АС во время установки продольных защитных экранов на модуль Node3 ~ в 17:00 ДМВ был утерян 4-й защитный экран. Объект ушел в надир со скоростью ~ 20 см/с. По данным траекторных измерений данный объект не представляет угрозы для МКС. Характеристики объекта: длина ~ 1,6 м; ширина ~ 0,3 м; толщина ~ 0,15 м; масса ~ 8 кг.

Основные задачи экипажа при выполнении научной программы

Научные эксперименты в период полета БИ-1 и БИ-2 МКС-49/50 выполнялись в соответствии с «Программой реализации научно-прикладных исследований, планируемых в период сорок девятой и пятидесятой пилотируемых экспедиций МКС-49 и МКС-50».

Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса:

- КПТ-21 (ТЕХ-20) «Плазменный кристалл».

Исследование Земли и космоса:

- ИКЛ-2 «БТН-Нейтрон» (автомат*);
- ГФИ-1 «Релаксация»;
- ГФИ-8 «Ураган»;
- ДЗЗ-17 «Напор-мини РСА» (очистка);
- ДЗЗ-18 «Дубрава»;
- ДЗЗ-19 «Сценарий»;
- КПТ-22 «Экон-М».

Человек в космосе:

- МБИ-13 «Спланх»;
- МБИ-22 «БИМС»;
- МБИ-26 «Мотокард»;
- МБИ-27 «УДОД»;
- МБИ-30 «МОРЗЭ»;
- МБИ-31 «Кардиовектор»;
- МБИ-32 «Профилактика-2»;

* – эксперимент выполняется без участия космонавтов

- МБИ-33 «Биокард»;
- МБИ-34 «Космокард»;
- МБИ-35 «Альгометрия»;
- МБИ-36 «Контент»;
- МБИ-37 «Пилот-Т»;
- МБИ-38 «Взаимодействие-2»;
- МБИ-39 «ДАН»;
- МБИ-40 «Перемещение жидкостей»;
- МБИ-41 «Нейроиммунитет»;
- МБИ-42 «Коррекция»;
- АСР-9 «Сарколаб»;
- РБО-3 «Матрешка-Р».

Космическая биология и биотехнология:

- БИО-1 «Полиген»;
- БИО-2 «Биориск» (пассивное экспонирование);
- БИО-16 «Электронный нос»;
- БИО-18 «Регенерация-1»;
- БИО-19 «Феникс»;
- БТХ-10 «Конъюгация»;
- БТХ-39 «Асептик»;
- БТХ-45 «Биопленка»;
- БТХ-47 «Микровир»;
- БТХ-48 «Пробиовит»;
- БТХ-49 «Фаген»;
- БТХ-51 «Продуцент»;
- АСР-7 «Исследование грызунов».

Технологии освоения космического пространства:

- ТЕХ-14 «Вектор-Т» (автомат);
- ТЕХ-15 «Изгиб» (автомат);
- ТЕХ-12 «Вибролаб»;
- ТЕХ-19 «Отклик»;
- ТЕХ-22 «Идентификация»;
- ТЕХ-33 «Контроль» (автомат);
- ТЕХ-34 «Реставрация» (пассивное экспонирование);
- ТЕХ-44 «Среда МКС» (автомат);
- ТЕХ-48 «Сепарация»;
- ТЕХ-52 «Визир»;
- ТЕХ-58 «Выносливость» (пассивное экспонирование);
- ТЕХ-62 «Альбедо» (автомат);
- ТЕХ-60 «Таймер»;
- ТЕХ-63 «Пеликан»;
- ТЕХ-65 «Контур-2»;
- КПТ-2 «Бар».

Образование и популяризация космических исследований:

- ОБР-5 «Великое начало»;

- ОБР-7 «О Гагарине из космоса»;
- КПТ-10 «Кулоновский кристалл»;
- АСР-2 «Сферы»;
- АСР-2 «EarthКАМ».

Всего 61 эксперимент, из них 8 без участия экипажа.

Новые эксперименты:

- ДЗЗ-19 «Сценарий»;
- МБИ-32 «Профилактика-2»;
- АСР-9 «Сарколаб»;
- БТХ-47 «Микровир»;
- БТХ-48 «Пробиовит»;
- ДЗЗ-18 «Дубрава»;
- ТЕХ-48 «Сепарация»;
- ТЕХ-60 «Таймер»;
- ТЕХ-63 «Пеликан».

Заключение

Уровень подготовленности экипажа МКС-49/50 по транспортному кораблю «Союз МС-02» и российскому сегменту МКС позволил экипажу успешно выполнить запланированную программу космического полета и высказать много важных замечаний и предложений по ТПК.

Полет экипажа МКС-49/50 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами.

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

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-49/50
(ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)**

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

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

В статье представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-49/50. Дается краткая характеристика функционирования систем медицинского обеспечения полета и поддержания стабильности среды обитания космонавтов на РС МКС. Подведены итоги выполнения рекомендаций медицинских специалистов, программы медицинского контроля и использования бортовых средств профилактики нарушения состояния здоровья космонавтов в полете.

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

Medical Support of the ISS-49/50 Crew Members (Express Analysis).**V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova**

The paper shows the results of medical maintenance of the ISS-49/50 expedition and gives a brief description of operation of the medical support system and maintaining the stability of human environment aboard the ISS RS. Besides, the paper sums up results of implementing medical recommendations, program of medical monitoring and the use of onboard means designed to prevent the alteration of cosmonauts' health status in spaceflight.

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

Выполнение программы полета

Полет экипажа в составе БИ-1 (КК ТПК), БИ-2 (БИ ТПК), БИ-3 МКС-49/КЭ МКС-50 (БИ-2 ТПК) состоялся в период с 19.10.16 г. по 10.04.17 г.

Этапы полета

19.10.16 г. – выведение ТПК «Союз МС-02» № 732 – 11:05:16 ДМВ/08:05:16 GMT.

21.10.16 г. – стыковка ТПК «Союз МС-02» № 732 к МИМ2 – 09:56 GMT/12:56 ДМВ.

10.04.17 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-02» № 732 от МИМ2 – 07:57 GMT/10:57 ДМВ. Время посадки – 14:20 ДМВ/11:20 GMT.

Основные динамические операции

23.10.16 г. – стыковка Orb-5 Cygnus – 15:04 GMT/18:04 ДМВ. ОПЛ – 19.40 GMT.

30.10.16 г. – расстыковка ТПК «Союз МС» № 731 от МИМ1 – 00:35 GMT/03:35 ДМВ.

17.11.16 г. – выведение ТПК «Союз МС-03» № 733 – 23:20:13 ДМВ.

19–20.11.16 г. – стыковка ТПК «Союз МС-03» к МИМ1 – 21.58 GMT/00.58 ДМВ.

- 21.11.16 г. – расстыковка корабля Orb-5 Cygnus от NODE1 – 11:19 GMT/14:19 ДМВ.
- 01.12.16 г. – старт ТКГ «Прогресс МС-04» № 434 – 17:51:52 ДМВ. Выведение ТКГ на орбиту не состоялось в связи с аварией ракеты-носителя.
- 09.12.16 г. – старт корабля НТВ.
- 13.12.16 г. – стыковка корабля НТВ. ОПЛ – 19:41 GMT/22:41 ДМВ.
- 27.01.17 г. – расстыковка НТВ-6 – 11:46 GMT.
- 31.01.17 г. – расстыковка ТКГ № 433 от СО1 – 14:26 GMT/17:26 ДМВ.
- 19.02.17 г. – старт корабля Dragon SpX-10 – 14:39 GMT/17:39 ДМВ.
- 22.02.17 г. – выведение ТКГ «Прогресс МС-05» № 435 – 08:58:33 ДМВ/05:58:33 GMT.
- 23.02.17 г. – стыковка корабля SpX-10 к Node2 МКС с помощью манипулятора SSRMS.
- 24.02.17 г. – стыковка ТКГ «Прогресс МС-05» № 435 к СО1 – 08:29:48 GMT/11:29:48 ДМВ.
- 19.03.17 г. – расстыковка корабля SpX-10 Dragon от МКС. Приводнение в ожидаемом районе – 14:46 GMT.
- Внекорабельная деятельность*
в СК «Орлан-МК»: не планировалась;
в ЕМУ:
- 06.01.17 г. ВКД-38 АС – КЭ, БИ-6 МКС-50. Продолжительность – 6 ч 29 мин.
- 13.01.17 г. ВКД-39 АС – КЭ, БИ-5 МКС-50. Продолжительность – 5 ч 58 мин.
- 24.03.17 г. ВКД-40 АС – КЭ, БИ-5 МКС-50. Продолжительность – 6 ч 28 мин.
- 30.03.17 г. ВКД-41 АС – КЭ, БИ-6 МКС-50. Продолжительность – 7 ч 03 мин.
- Все задачи ВКД выполнены полностью.

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

Старт экипажа «Союз МС-02» № 732 состоялся 19.10.16 г. в 11:05 ДМВ. Стыковка ТПК «Союз» проведена штатно в автоматическом режиме по 2-суточной схеме 23.10.16 г. в 12:56 ДМВ.

Первоначально старт ТПК № 732 планировался на 23.09.16 г. По техническим причинам старт корабля был перенесен на 19.10.16 г.

Во время полета на ТПК № 732 рабочая нагрузка у членов экипажа была в пределах 7–8 часов. На сон планировалось по 10–11 часов, при этом зона сна располагалась во временном интервале с 18:20 до 05:00 ДМВ.

В день стыковки время работы у КК и БИ составило 13,5–14 часов, а зона бодрствования – 19 часов 30 минут (при физиологической норме – 15,5 часа).

После ОПЛ в 15:20 ДМВ экипаж перешел на станцию и приступил к выполнению служебных операций. Космонавты провели инструктаж по безопасности после стыковки ТПК, консервацию ТПК «Союз», перенос срочных грузов из ТПК № 732.

Специалисты ЦУПа отмечали, что при выведении, во время орбитального полета на ТПК № 732, а также при стыковке корабля с МКС космонавты работали грамотно, четко, уверенно, на высоком профессиональном уровне. В последующие дни БИ-1 и БИ-2 занимались подготовкой и выполнением научных экспериментов, символической деятельностью и другими работами.

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» с 26.10.16 г. рабочая зона была сокращена на 1 час с целью выделения экипажу времени по 1 часу на адаптацию и ознакомление со станцией.

На 2-й неделе полета в связи с предстоящей расстыковкой ТПК № 731, на станции был подписан Акт о передаче смены по РС, а также состоялась церемония передачи командования.

В сутки расстыковки (29–30.10.16 г.) космонавты работали в условиях измененного РТО: сон планировался с 22:00 (28.10.16 г.) до 12:20 GMT (29.10.16 г.). Расстыковка ТПК № 731 проведена 30.10.16 г. в 00:35 GMT/03:35 ДМВ. Оставшимся космонавтам на станции было предоставлено время для отдыха и сна с 04:30 (30.10.16 г.) до 06:00 GMT (31.10.16 г.) продолжительностью 25,5 часа.

Начиная с 07.11.16 г. плановое время работы космонавтов было увеличено до нормативных величин – 6,5 часа. Космонавты, в основном, занимались разгрузкой ТПК № 433, выполнением технических работ на станции, инвентаризацией оборудования.

20.11.16 г. в 00:58 ДМВ/03:58 GMT была проведена стыковка ТПК № 733 с МКС в автоматическом режиме. На станции число российских космонавтов увеличилось до 3 человек.

01.12.16 г. планировался старт ТПК № 434 с последующей стыковкой с МКС. Однако в связи с аварией ракеты-носителя с ТПК при запуске 01.12.16 г. программа работ экипажа была изменена. Все ранее планируемые работы по стыковке на 03.12.16 г. были отменены, этот день стал полностью свободным от работ, дополнительным днем отдыха для экипажа.

На 14-й неделе (18.01.17 г.) в зоне ночного отдыха на станции произошел отказ СОА «Воздух». В связи с нештатной ситуацией космонавтам пришлось в течение 37 минут заниматься ее устранением. В результате система была включена в рабочий режим.

На 17-й неделе полета БИ-2 планировалась часовая работа по установке обновления программного обеспечения тренажера БД-2. После установки обновления ПО тренажер БД-2 на штатный режим не вышел. По рекомендации с Земли космонавты провели срочные РВР тренажера, на которые дополнительно к плану БИ-1 затратил 1 час 10 минут, БИ-2 – 30 минут и БИ-4 – 1 час 40 минут.

24.02.17 г. проведена стыковка ТКГ № 435 штатно в автоматическом режиме. РТО для российского и американского экипажей в эти сутки планировался раздельным. БИ-2 в штатные выходные дни занимался выполнением научного эксперимента по исследованию грызунов. По рекомендации ГМО БИ-2 был предоставлен 22.02.17 г. свободный день (обязательные работы не планировались).

03.03.17 г. проводились работы по замене полотна бегущей дорожки БД-2. Время работы составило 8 часов (при норме 6,5 часа) по причине технических трудностей. 14.03.17 г. БИ-2 проводил инвентаризацию медицинских укладок, на что дополнительно затратил 2,5 часа.

В последующие недели отклонений РТО не отмечалось. Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» и в связи с завершением полета рабочая зона у БИ-1 и БИ-2 с 27.03.17 г. была сокращена на 1 час с целью предоставления космонавтам времени на подготовку к возвращению на Землю.

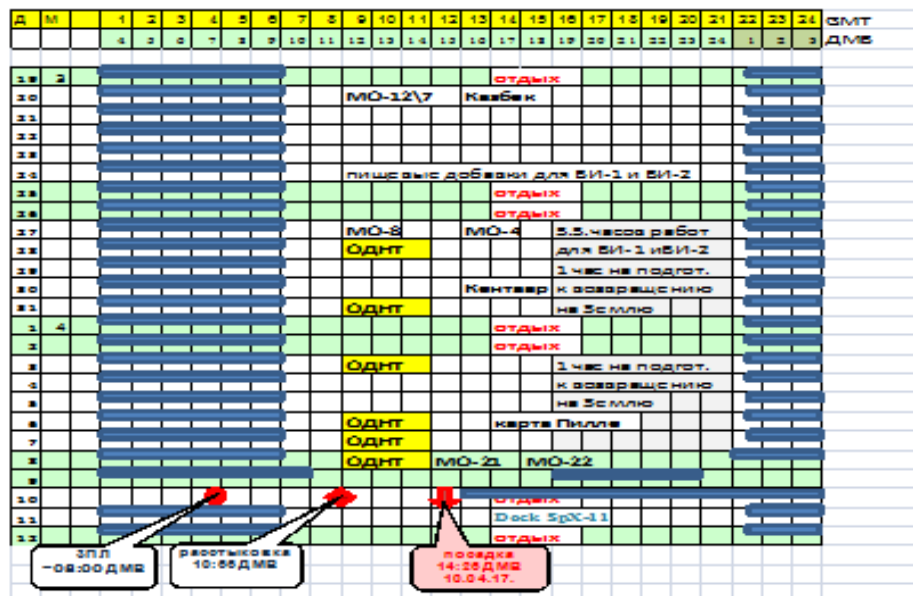
Согласно плану заключительного этапа полета БИ-1 и БИ-2 с 28.03.17 г. приступили к выполнению ОДНТ-тренировок.

В период 25-й недели (05–10.04.17 г.) БИ-1 и БИ-2 занимались укладкой возвращаемого оборудования в ТПК № 732 и выполнили заключительные ОДНТ-тренировки. Перед расстыковкой ТПК в ночь на 09.04.17 г. сон был запланирован с 20:30 до 07:00 утра продолжительностью 10,5 часа. 09.04.17 г. после подъема космонавты продолжили работы по укладке грузов в ТПК № 732. В этот же день провели церемонию передачи командования на станции, и с 15:00 до 20:00 GMT им был предоставлен дневной отдых 5 часов.

После дневного отдыха (09.04.17 г.) БИ-1 и БИ-2 занимались завершением укладки грузов в ТПК, расконсервацией корабля. Ночью 10.04.17 г. в 04:45 GMT/07:45 ДМВ было проведено закрытие переходных люков. Расстыковка ТПК проведена в 10:57 ДМВ. Посадка СА осуществлена 10.04.17 г. в 14:20:25 ДМВ.

Общее полетное время у БИ-1 и БИ-2 составило 173 суток, из которых БИ-1 планировалось 122 рабочих дня и 51 день отдыха, БИ-2 планировалось 123 рабочих дня и 50 дней отдыха. Фактически, по сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, у БИ-1 было 47, у БИ-2 – 37 полных дней отдыха. За весь полет суммарная плановая продолжительность работ в дни отдыха у БИ-1 и БИ-2 составила по 29,5 часа. Фактически на эти работы в выходные дни БИ-1 затратил 34 часа, БИ-2 – 47,5 часа. На работы по программе Task List в дни отдыха БИ-1 планировалось 75 часов, БИ-2 – 90 часов. Фактически в дни отдыха БИ-1 затратил 20 часов, БИ-2 – 20,5 часа. Общее время работы в дни отдыха у БИ-1 составило 56 часов, у БИ-2 – 68 часов.

За весь полет на выполнение дополнительных работ, включая Task List, по инициативе экипажа, по указанию с Земли и сверх плана на рабочие операции космонавты затратили по 105 часов, что практически равноценно 16 рабочим дням при плановой рабочей нагрузке 6,5 часа.



Режим труда и отдыха на заключительном этапе полета

Состояние здоровья и медицинское обеспечение членов экипажа в полете

Во время выведения и орбитального полета, а также во время спуска с орбиты самочувствие членов экипажа транспортного корабля «Союз МС-02» № 732 было хорошим.

22.10.16 г. БИ-1 и БИ-2 жалоб на состояние здоровья не предъявляли. Самочувствие и настроение было хорошее. Начальный этап адаптации к невесомости протекал бессимптомно и благоприятно. Старт и выведение ТПК «Союз-МС-02» перенесли хорошо. Сонливости и утомления не было. БИ-1 отметил, что ощущения воздействия перегрузок было намного меньше, чем он ожидал. Во время автономного полета выраженных вестибулярных расстройств у БИ-1 и БИ-2 не было, изредка чувствовали легкое головокружение при поворотах головы. Симптомы перераспределения жидкости к голове были не выраженными. Профилактическое средство «Браслет-М» использовали в первые сутки полета. Сон хороший, продолжительностью 5–6 часов, когда позволяла циклограмма автономного полета и сеансов связи. БИ-1 спал в спальном мешке в СА, БИ-2 – в спальном мешке в БО. При переходе в большой объем станции вестибулярных расстройств не было. После выполнения предписанных после стыковки работ и приема пищи БИ-1 спал около 6 часов, БИ-2 – около 8 часов.

25.10.16 г. БИ-1 и БИ-2 жалоб на состояние здоровья не предъявляли, самочувствие было хорошим, процесс адаптации к невесомости прошел без осложнений.

29.11.16 г. БИ-1 и БИ-2 самочувствие оценивали как хорошее, жалоб на состояние здоровья не предъявляли, работоспособность сохранялась на достаточном уровне. Сон полноценный, в коррекции не нуждался. Изменение РТО под стыковку с ТПК «Союз МС-03» на качество сна не повлияло, предоставленный день отдыха российские члены экипажа использовали по прямому назначению.

По своей инициативе были заняты по программе Task List, разгрузочными работами «Прогресса МС-03» № 433 и работами по СОЖ.

24.01.17 г. БИ-1 и БИ-2 на момент проведения РМС жалоб на состояние здоровья не предъявляли; самочувствие было хорошим. Усталость, накопленная в течение дня, снималась ночным сном. В предоставленные выходные дни основное время использовали по своему усмотрению и выполняли работы по программе Task List.

Физиолого-гигиеническая характеристика среды обитания

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

Еженедельно экипаж проводил плановую уборку станции. При отборах проб воздуха 26.10.16 г. и 26.01.17 г. пробоотборником ИПД-ННЗ в СМ аммиака не обнаружено. В связи с отсутствием на борту МКС пробоотборников ИПД-СО для контроля содержания монооксида углерода в атмосфере РС МКС использовались результаты замеров американским переносным газоанализатором CSA-CP. Данное измерение проводилось группой СОЖ – рСО не превышало ПДК (<5 ppm).

28.10.16 г. БИ-1 сообщил: «...по люку МИМ2 есть небольшая запыленность, она не похожа на ту пыль, которая находится за панелями станции. По возможности убрал пыль пылесосом, легко снимается рукой, если дадите разрешение, могу убрать салфетками». Была дана рекомендация: пыль с люка МИМ2 протереть любыми влажными салфетками, кроме салфеток ССВП.

На протяжении всего полета БИ-1 и БИ-2 санитарно-гигиеническую обстановку на станции оценивали как комфортную.

БИ-1 разместился в каюте модуля NODE2 АС, БИ-2 – в правой каюте СМ.

01.11.16 г. БИ-2 сообщил, что во время сна использует активные наушники для шумоподавления. БИ-1 – «попробовал и наушники и индивидуальные беруши – в берушах спать неудобно, хочу попробовать обычные мягкие беруши». Через неделю БИ-1 сообщил, что в левой каюте СМ нашел упаковку мягких беруш – «...пользуюсь и наушниками и берушами».

15.11.16 г. БИ-1 сообщил, что во время работ, связанных с профилактикой средств вентиляции в СМ, ФГБ и СО1 очень много пыли: «... третий день подряд чищу, пылесосу...пыли хватает...». Было рекомендовано во время работ по обслуживанию средств вентиляции использовать респираторы для защиты от пыли из укладки СППЗ.

20.12.16 г. БИ-1 и БИ-2 в выходной день провели осмотр своих вещей и средств СГО. Обратили внимание специалистов, что используемая ими зубная паста R.O.C.S. подходит к концу – «... мы с Сергеем взяли по последнему тюбику из «Комфорта»...».

Общее давление в СМ по данным мановакуумметра колебалось в пределах 747–770 мм рт. ст.

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

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

Замечания экипажа по температуре воздуха в СМ:

04.03.17 г. БИ-2 сообщил, что по субъективным ощущениям температура воздуха в модуле СМ достаточно комфортная.

02.04.17 г. БИ-2 сообщил: «...по нашим данным температура в СМ показывает 27 °С, можно на пару градусов уменьшить – до 25 °С». По рекомендации специалистов СОТР в дополнение к работающему КОХ-1 в параллельную работу включен КОХ-2.

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

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-02» № 732
на участке выведения, орбитального полета и стыковки с МКС (19–21.10.16 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Норма
ДСА мм рт. ст.	798	837	450–970
ДБО мм рт. ст.	824	853	450–970
РО ₂ мм рт. ст.	161	184	140–310
РСО ₂ мм рт. ст.	1,1	3,7	< 10
РН ₂ О мм рт. ст.	12,3	18,7	< 20
ОВ, %	54	79	30–75
ТСА, °С	21,9	26,0	18–25
ТБО, °С	17,7	24,2	18–25

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

Периодически проводились наддувы станции кислородом и азотом из ТПК.

19.10.16 г. КК сообщил, что влажность в ТПК повышена. По данным ТМ с борта УВ – 17,4–18,2 мм рт. ст. Проведена откачка конденсата. 20.10.16 г. КК сообщил о наличии влаги на ХСА спускаемого аппарата: «Откачку конденсата проводим в 2 раза чаще и дольше – не помогает, влаги много». Для снижения уровня влажности ХСА (холодильно-сушильный агрегат) в СА и БО периодически переводились в максимальный режим работы.

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-02» № 732 на этапе расстыковки (10.04.17 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Допустимый диапазон
ДСА мм рт. ст.	761	827	450–970
ДБО мм рт. ст.	676	879	450–970
РО ₂ мм рт. ст.	134	211	140–310
РСО ₂ мм рт. ст.	2,2	4,5	< 10
РН ₂ О мм рт. ст.	8,3	10,0	<15
ОВ, %	42	50	40–75 %
ТСА, °С	21,2	23,5	18–25 °С
ТБО, °С	19,9	22,2	18–25 °С

Замечаний на температурно-влажностный дискомфорт от экипажа ТПК не поступало.

Замечания по работе СОЖ, СОГС и СТР

26.10.16 г. БИ-2 сообщил о нештатной работе АСУ в СМ: при открывании крышки мочеприемника перед использованием внутренняя сторона была влажная и формировались отдельные капли на воронке с внутренней стороны, при этом двигатель работал, и никакая сигнализация не срабатывала. Проведена замена М-приемника и фильтр вставки, после чего АСУ работала штатно.

В связи с потерей воды, доставлявшейся на ТПК № 434, с американской стороны была достигнута договоренность об использовании воды АС для питья российскими членами экипажа (с 05.12.16 г.).

06.12.16 г. вышел из строя температурный датчик Т 278, был снят с ТМ-контроля до проведения замены. 19.12.16 г. проведены РВР.

30.12.16 г. проведена замена ПУРВК (пульт управления регенерацией воды из конденсата) и кабель-вставки в СРВ-К2М.

09.01.17 г. при включении СКО «Электрон-ВМ», вследствие отказа основного насоса (предположительно из-за попадания в него пузыря воздуха), система включена в рабочий режим на резервном насосе. 10.01.17 г. после проведенного тестирования система включена в работу на основном насосе.

20.01.17 г. и 26.01.17 г. произошло нештатное отключение СРВ-К2М. По рекомендации специалистов ГА СОЖ проведен перезапуск системы, СРВ-К2М включена в работу.

26.03.17 г. (после замены пожарных датчиков), 27.03.17 г. и 28.03.17 г. отмечалось срабатывание сигнализации с пожарных датчиков в ФГБ. При осмотре запанельного пространства каких-либо запахов, гари, задымления не обнаружено.

Проводился анализ воздуха прибором CSA-CP: CO-ноль, HCN-ноль и HCL-ноль. Срабатывание сигнализации расценено специалистами как ложное, на борт выданы команды на маскирование данных датчиков на период сна экипажа.

Периодически (27.11.16 г., 18.01.17 г., 05.04.17 г.) отмечались отказы СОА «Воздух». По рекомендации специалистов проводился перезапуск системы, после чего СОА «Воздух» включалась в штатную работу.

Питание и водопотребление

На всем протяжении полета замечаний от экипажа на качество пищи и воды не поступало. По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа у БИ-1 и БИ-2 аппетит был хороший, питание и водопотребление в норме.

20.12.16 г. БИ-2 выразил пожелание внести изменения в комплектацию контейнеров ДНП, которые будут доставлены на «Прогрессе» № 435 – все рыбные консервы заменить на каши.

Результаты акустических измерений

В период с 05–08.12.16 г. проводились акустические измерения с целью определения индивидуальной акустической нагрузки у БИ-1 и БИ-2. Измерения проводились за дневной и ночной периоды времени с использованием индивидуальных акустических дозиметров (IAD, фирмы Noise Pro).

Результаты БИ-1 за период 05-08.12.16 по техническим причинам не получены. Повтор измерений индивидуальной акустической нагрузки у БИ-1 проведен 17–18.12.16 г.

Места сна российских членов экипажа:

БИ-1 – верхняя каюта Node2;

БИ-2 – правая каюта СМ.

Анализ полученных данных показал, что у российских космонавтов шумовая нагрузка за дневной период превышала предельно допустимый уровень (ПДУ) на 8,1–12,4 дБА, а шумовая нагрузка за ночной период превышала ПДУ на 4,5 дБА у БИ-4.

Статические измерения эквивалентных уровней звука за 15,0–16,0 часов дневного периода времени и за 8 часов ночного периода проведены в Node2 (NOD2S3) и СМ (район расположения тренажера БД2).

Эквивалентный уровень звука за 16,0 часов дневного периода в районе расположения тренажера БД2 (СМ) превышал ПДУ на 8,4 дБА, а за 8,0 часов ночного периода – на 4,1 дБА.

Эквивалентный уровень звука в Node2 (NOD2S3) за 15,0 часов дневного периода превышал ПДУ на 2,2 дБА, а за ночной период соответствовал нормативным значениям.

Рекомендации по снижению акустической нагрузки для БИ-1, БИ-2

1. Использовать средства индивидуальной защиты от шума при работе в местах расположения шумящего оборудования, при открытых панелях и во время занятия на спортивных тренажерах.

2. В период сна плотно закрывать дверь каюты и при необходимости использовать беруши для защиты органа слуха.

Заключение по результатам акустических измерений, выполненных БИ-1 19–20.12.16 г.:

Проводилось повторное определение индивидуальной акустической нагрузки у БИ-1 за дневной и ночной периоды времени.

Node2

Анализ полученных данных показал, что у БИ-1 шумовая нагрузка за дневной период превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 2,1 дБА, а шумовая нагрузка за ночной период превышает ПДУ на 4,4 дБА.

Рекомендации по снижению акустической нагрузки для БИ-1:

1. Использовать средства индивидуальной защиты от шума.
2. В период сна плотно закрывать дверь каюты.

19.12.16 г. проводилось исследование акустической обстановки в модулях JLP, JPM, Columbus, НТВ-6, US Lab, Node1, ФГБ, МИМ2 и СМ РС МКС.

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

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

На рабочих местах в СМ РС МКС уровни звука превышали допустимые значения на 1,7–5,3 дБА с максимальным значением в районе расположения СКВ.

По сравнению с предыдущими замерами от 28.09.2016 г. уровни звука на рабочих местах понизились на 0,4–2,6 дБА практически во всех контрольных точках, за исключением района расположения СКВ и центра ПрК, где отмечено повышение уровней звука на 2,4 дБА и 1,3 дБА соответственно.

В каютах СМ уровни звука превышали допустимые значения на 1,1–1,2 дБА.

По сравнению с предыдущими замерами от 28.09.2016 г. уровни звука в каютах понизились на 4,1–4,3 дБА, что связано с закрытием двери каюты.

На рабочих местах в ФГБ уровни звука превышали допустимые значения во всех контрольных точках на 1,0–6,6 дБА, с максимальным значением в районе люка ФГБ-СМ.

По сравнению с предыдущими замерами от 29.03.2016 г. и 01.07.2016 г. уровни звука в ФГБ повысились на 1,0–8,6 дБА.

На рабочих местах в МИМ2 уровни звука превышали допустимые значения во всех контрольных точках на 3,0–5,5 дБА, что согласуется с предыдущими замерами.

На рабочих местах в JLP, JPM, Columbus, НТВ-6, US Lab, Node1 уровни звука не превышали допустимые значения во всех контрольных точках.

По сравнению с предыдущими замерами уровни звука в указанных модулях имели тенденцию к повышению на 0,9–5,9 дБА, максимально выраженную в Node1. Исключение составил модуль JLP, где отмечено снижение уровней звука во всех исследованных точках на 1,1–2,4 дБА.

В период с 30.01–02.02.17 г. проводилось определение индивидуальной акустической нагрузки у БИ-1 и БИ-2 за дневной и ночной периоды времени с использованием индивидуальных акустических дозиметров.

Статические измерения эквивалентных уровней звука за 15,0–16,0 часов дневного периода времени и за 8 часов ночного периода проведены в JPM (JPM1F3) и СМ (район Центрального поста – ЦП).

Индивидуальная шумовая нагрузка у российских космонавтов:

– за дневной период превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 6,4–8,1 дБА;

– за ночной период превышает ПДУ на 1,2–7,6 дБА.

Сравнение с предыдущими замерами (05–08.12.16 г. и 19–20.12.16 г.) показало:

- снижение шумовой нагрузки за дневной период времени у БИ-2 на 1,7–4,3 дБА, и повышение у БИ-1 на 5,7 дБА;
- снижение шумовой нагрузки за ночной период времени у БИ-1 на 1,0–3,3 дБА, и повышение у БИ-2 на 9,2 дБА.

Эквивалентный уровень звука за 15,3 часа дневного периода в районе ЦП (СМ) превышает ПДУ на 8,7 дБА, а за 8,0 часов ночного периода – на 9,7 дБА.

Эквивалентный уровень звука в JPM (JPM1F3) за 16,0 часов дневного периода и 8 часов ночного периода соответствует нормативным значениям.

27.02.17 г. исследование акустической обстановки проводилось в модулях РММ, РМА1, Airlock, Cupola, Columbus, SpX-10, US Lab, Node2, ФГБ, МИМ1, СО1 и СМ РС МКС с использованием анализатора шума SLM.

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

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

Результаты анализа полученных данных показали:

СМ РС МКС:

- на рабочих местах уровни звука превышали допустимые значения на 0,9–5,0 дБА, с максимальным значением в районе расположения СКВ.

По сравнению с предыдущими замерами от 19.12.2016 г. уровни звука на рабочих местах понизились на 1,1–3,2 дБА практически во всех контрольных точках, за исключением района расположения спортивных тренажеров, где отмечено повышение уровня звука на 1,6 дБА.

- в каютах уровни звука не превышали допустимые значения и по сравнению с предыдущими замерами от 19.12.2016 г. понизились на 0,7–3,5 дБА.

МИМ1:

- на рабочих местах уровни звука превышали допустимые значения во всех контрольных точках на 2,7–10,2 дБА, с максимальным значением в центре 4-го отсека.

По сравнению с предыдущими замерами уровни звука в МИМ1 повысились на 2,1–4,1 дБА.

СО1:

- на рабочих местах уровни звука не превышали допустимые значения и по сравнению с предыдущими замерами понизились на 2,4 дБА в зоне стыковки с СМ (ПХО) и повысились на 3,0 дБА в центре надирной части.

ФГБ:

- на рабочих местах уровни звука превышали допустимые значения во всех исследованных контрольных точках на 3,0–8,3 дБА, с максимальным значением в зоне между панелями 219, 217, 218 и 220 по центральной линии с направленным микрофоном в сторону Node1.

По сравнению с предыдущими замерами от 19.12.2016 г. уровни звука в ФГБ повысились на 2,0–3,7 дБА, за исключением района люка в СМ со стороны ФГБ, где отмечено их снижение на 3,3 дБА.

Node2:

– на рабочих местах уровни звука превышали допустимые значения в центре Node2 на 1,0–1,9 дБА;

– в каютах, в месте положения головы члена экипажа во время сна, при работе каютных вентиляторов на максимальной скорости и закрытой каютной двери уровни звука превышали допустимые значения на 2,0 дБА и 2,3 дБА внутри левой и верхней каюты соответственно.

По сравнению с предыдущими замерами от 29.03.2016 г. и 01.07.2016 г. уровни звука на рабочих местах и в каютах в Node2 имели тенденцию к снижению на 0,9–7,0 дБА, за исключением верхней и нижней кают, где отмечено повышение уровней звука на 0,5–1,2 дБА.

В модулях Airlock, PMM, PMA1, Cupola, Columbus и SpX-10 на рабочих местах уровни звука не превышали допустимые значения во всех исследованных контрольных точках.

Вывод: в СМ РС МКС отмечено улучшение акустической обстановки, наиболее выраженное в каютах, где уровни звука не превышают допустимые значения для периода сна. СО1 – наиболее «тихий» модуль РС МКС, уровни звука в котором не превышают допустимые значения для дневного периода.

Радиационная обстановка в РС МКС

За время полета РО внутри станции оставалась спокойной.

Накопленная поглощенная доза за полет у БИ-1 и БИ-2 не превысила допустимые значения доз, определенных согласно Flight Rules В 14.2.2-12 и ГОСТ 25645.215-85.

БИ-1 и БИ-2 во время частных медицинских конференций всегда сообщали врачу экипажа, что дозиметры ИДЗ-МКС носят с собой.

Ежемесячно проводился дозиметрический контроль радиационной обстановки в РС МКС с использованием аппаратуры «Дозиметр «ПИЛЛЕ-МКС»».

Наименьшая мощность поглощенной дозы регистрировалась в каюте модуля NOD 241 мкГр/сутки (24,1 мрад/сутки) и на панели 435 в районе рабочего стола 249 мкГр/сутки (24,9 мрад/сутки). Наибольшая мощность поглощенной дозы – в каютах около иллюминаторов 473 мкГр/сутки (47,3 мрад/сутки) и 480 мкГр/сутки (48,0 мрад/сутки).

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

Система профилактики в полете

22.10.16 г. БИ-1 и БИ-2 планировались обзор ФУ и инструктаж по тренажеру ARED, 24 и 25.10.16 г. – по одной ознакомительной тренировке на БД-2/ВБ-3М.

С 26.10.16 г. физические тренировки планировались два раза в день общей продолжительностью 2,5 часа на БД-2 и ВБ-3М/ARED с чередованием.

В соответствии с требованиями на заключительном этапе полета и рекомендациями специалистов с 10.03.17 г. планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED.

09.03.16 г. для БИ-1 проведен инструктаж по пользованию Т2.

С 28.03.17 г. проведено 4 предварительные и 2 заключительные ОДНТ-тренировки.

Профилактическое изделие «Браслет-М» БИ-1 и БИ-2 использовали в первые сутки полета.

Примерка и подгонка изделия «Кентавр» у БИ-1 и БИ-2 проведена 28.03.17 г. без замечаний, дополнительной подгонки не потребовалось.

По ежедневным докладам экипажа ФТ выполнялись в полном объеме.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа на протяжении всего полета БИ-1 и БИ-2 физические тренировки выполняли согласно форме 24.

25.10.16 г. БИ-1 и БИ-2 сообщили, что свои ТНК, кроссовки, велотуфли и ЧСС-мониторы нашли. ТНК подогнали, нагрузку распределили – 60 % – пояс, 40 % – плечи.

25.11.16 г. космонавты сообщили, что обнаружили на беговой дорожке БД-2 поперечное расхождение полотна, как будто оно по шву начало расходиться: «...там было два порыва маленьких, небольших – старых еще, как раз между ними оно (полотно беговой дорожки) пошло поперек, словно шов запаян был, и он начал расходиться». Фотографии повреждения полотна беговой дорожки БД-2 с борта были переданы разработчикам. Экипажу рекомендовано контролировать состояние полотна во время выполнения ФУ.

02.12.16 г. БИ-2 доложил о состоянии БД-2: «...полотно постепенно отслаивается, было два порыва, а сейчас шесть. У нас есть опасения, что до следующего грузовика полотно выйдет из строя».



Проблемы с беговой дорожкой

05.12.16 г. специалисты оценили ситуацию с беговой дорожкой и дали рекомендации экипажу по использованию БД-2.

20.12.16 г. состоялась частная беседа со специалистами по физическим тренировкам. БИ-1 – обсуждались результаты пробы МО-3. Было рекомендовано при выполнении тренировок на беговой дорожке снизить максимальную скорость бега до 13 км/ч. БИ-2 даны рекомендации по повторному выполнению теста МО-3 с регистрацией ЭКГ. При выполнении тренировок на беговой дорожке БД-2 рекомендовано использовать бег в пассивном режиме движения полотна.

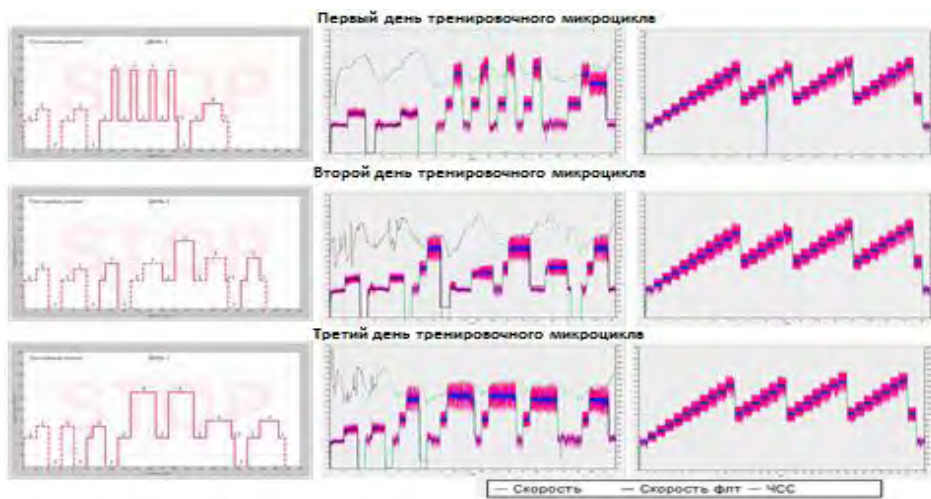
31.01.17 г. состоялась очередная частная конференция со специалистами по физическим тренировкам. С БИ-1 обсуждались результаты теста МО-3 и локомоторные тренировки на БД-2. Предложено продолжать тренироваться в выбран-

ном режиме, возможно снижение величины притяга по самочувствию. В тренировках на тренажере ARED предложено вернуться к объему нагрузки, рекомендованному на начальном этапе полета.

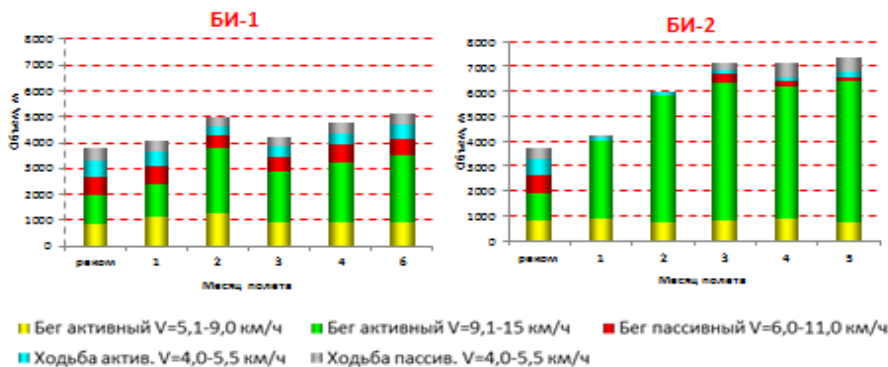
Выданы рекомендации по устранению сбоев в работе БД-2 во время локомоторных тренировок. С БИ-2 обсуждались результаты теста МО-3. Предложено увеличить объем тренировки в пассивном режиме, ориентируясь на самочувствие. В тренировках на тренажере ARED предложено увеличить нагрузку в упражнении «Подъемы на носки».

По результатам заключений о выполнении физических тренировок на БД-2 уровень физической тренированности у БИ-1 на протяжении всего полета оценивался как хороший, а у БИ-2 – удовлетворительный.

Локомоторная проба МО-3 выполнялась на дорожке БД-2. Временные характеристики и структура теста полностью соответствовали требованиям бортовой документации.



Схемы тренировок БИ-1 и БИ 2



Относительное распределение режимов локомоций за одну тренировку БИ-1 и БИ-2

Заключение о выполнении БИ-1 локомоторной пробы МО-3 от 08.12.16 г. согласно скорости бега, физиологической стоимости нагрузки, объему выполненной работы и этапу полета уровень физической работоспособности БИ-1 был оценен как удовлетворительный.

Заключение о выполнении БИ-1 локомоторной пробы МО-3 от 16.01.17 г., 16.02.17 г., 16.03.17 г.: согласно скорости бега, физиологической стоимости нагрузки, объему выполненной работы и этапу полета уровень физической работоспособности БИ-1 оценивается как хороший.

Медико-биологические эксперименты

В период полета космонавты выполнили большую программу медико-биологических экспериментов:

– 16 полетных экспериментов: «Альгометрия», «Биокард», «Взаимодействие-2», «ДАН», «Коррекция», «Космокард», «Кардиовектор», «Контент», «МОРЗЭ», «Мотокард», «Нейроиммунитет», «Перемещение жидкостей», «Пилот-Т», «Спланх», «УДОД», «БИМС»;

– 19 до- и послеполетных экспериментов: «Архитектура», «Гейтспин», «Гемостаз», «Иммунорецепторы», «Изокинез», «Локомоции», «Моторный контроль», «Нейроомега», «Перегрузки», «Протеом крови и мочи», «Полиморфизм», «Протокол», «Плетизмо-Вены», «Полевой тест», «Равновесие», «Сенсорная адаптация», «Трактография», «Тендометрия», «Микропротеинурия».

Члены экипажа принимали участие в экспериментах партнеров по МКС (эксперименты с грызунами – Rodent Research и работы по эксперименту Sarcolab).



Медико-биологические эксперименты

Медико-биологические эксперименты выполнены достаточно хорошо и на высоком уровне.

Заключение

Медицинское обеспечение здоровья экипажей МКС-49/50 осуществлялось в соответствии с требованиями ISS MORD, SSP 50260.

Результаты медицинского контроля членов экипажа МКС-49/50 свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях и достаточных функциональных резервах организма как в ходе полета, так и на завершающем его этапе.

ГМО ГОГУ, Многосторонняя интегрированная медицинская группа (SMOT и IMG) и полетные врачи контролировали планирование и реализацию медицинских операций.

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

Психологический климат в экипаже на протяжении всего полета позитивный.

В целом полет выполнен без медицинских проблем. Замечания и предложения экипажа приняты к реализации.

Уровень предполетной подготовки экипажа был достаточным и адекватный задачам полета.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

NODE2 – модуль станции

TVIS – американская беговая дорожка (тредмил виброизолирующая система)

АСУ – ассенизационно-санитарное устройство

ВБ-3М – велоэргометр бортовой

ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера

ОДНТ – отрицательное давление на нижнюю часть тела

СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности

СОГС – средства обеспечения газовой среды

СТР – система теплорегуляции

ФГБ – функциональный грузовой блок

СОА – средства очистки атмосферы

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 005.591.6

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УЧРЕЖДЕНИЯ

М.М. Харламов, О.Н. Жохова

М.М. Харламов; О.Н. Жохова (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассматриваются вопросы формирования облика системы автоматизации управления деятельностью ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». **Ключевые слова:** система автоматизации управления, эффективное управление деятельностью, процессный подход, качественная информация, система целеполагания, контролируемые показатели, система поддержки принятия решений.

Automation of the Management of the Institution Activity.

M.M. Kharlamov, O.N. Zhokhova

The paper discusses the issues of the formation of the automation system concept for managing activity of FSBO “Gagarin R&T CTC”.

Keywords: management automation system, effective management of activity, process approach to management, quality information, goal-setting system, supervised parameters, decision-making support system.

Введение

В статье рассматриваются следующие вопросы формирования облика системы автоматизации управления деятельностью ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» для обеспечения эффективного выполнения уставных целей:

- организация отбора и подготовка космонавтов (астронавтов), их медицинское освидетельствование, медицинское обеспечение и реабилитация после выполнения космических полетов;
- создание, размещение и модернизация наземных технических средств, применяемых для подготовки космонавтов (астронавтов);
- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике пилотируемой космонавтики;
- обеспечение мобилизационно-оборонных задач и специальной летной подготовки космонавтов с использованием авиационной техники учреждения;
- оказание услуг по направлениям, соответствующим профилю деятельности учреждения, при реализации проектов по приносящей доход деятельности.

Одной из основных целей «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [1] является формирование цифровой экономики. Важной задачей цифровой экономики является применение информационных технологий, в том числе внедрение систем повышения эффективности труда в государственных и коммерческих организациях для обеспечения повышения конкурентоспособности российских высокотехнологичных организа-

ций на международном рынке. Достижение результата невозможно без эффективного управления деятельностью.

Необходимость формирования системы автоматизации управления учреждением обусловлена тем, что большинство решений принимается в условиях дефицита информации, поскольку требуется обработка данных, поступающих из различных слабосвязанных источников информации, которую невозможно осуществить вручную за определенное время.

Планирование и эффективное управление деятельностью учреждения, в том числе организация процесса подготовки космонавтов с учетом ограничений бюджетного финансирования, технических и людских ресурсов, неопределенностей процесса подготовки космонавтов, возможно только на базе строгого аналитического учета всех данных.

Логическая структура функциональной модели управления

Система управления деятельностью составляет комплекс взаимосвязанных моделей с соответствующей информационной поддержкой исследования, экспертные и интеллектуальные системы, включающие опыт решения задач управления и обеспечивающие участие коллектива экспертов в процессе выработки рациональных решений.

Система управления деятельностью в общем случае включает в себя следующие элементы (действия):

- планирование и (или) прогнозирование;
- учет, контроль, анализ;
- координацию и (или) регулирование.

Логическая структура функциональной модели управления учреждением представлена на рис. 1.



Рис. 1. Логическая структура функциональной модели управления

Архитектура системы автоматизации управления деятельностью

Система автоматизации управления деятельностью учреждения относится к классу комплексных информационных систем и характеризуется расширением контура автоматизации для получения замкнутой саморегулирующейся системы, способной гибко и оперативно перестраивать принципы своего функционирования. Рассматриваемая архитектура системы автоматизации управления деятельностью (рис. 2) построена на применении системы менеджмента качества на основе стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [2].

В основу построения системы управления выбран подход управления потоками работ или процессами, составляющими деятельность предприятия. Процессное управление включает в себя координатора – владельца процесса и исполнителей из различных функциональных областей, сгруппированных по принципу единства результата бизнес-процесса.

Процессный подход позволяет рассматривать деятельность организации как связанную систему бизнес-процессов, каждый из которых протекает во взаимосвязи с другими бизнес-процессами и (или) внешней средой и включает цикл «Планируй–Делай–Проверяй–Действуй» (англ. Plan–Do–Check–Act – PDCA). Реализация цикла PDCA позволяет обеспечить процессы необходимыми ресурсами, осуществлять управление, определять и реализовывать возможности для улучшения.

Получение исходных данных о деятельности учреждения может производиться из разнородных источников. Данные могут быть получены как из автоматизированных систем, так и подготовлены вручную. На текущий момент данные о финансово-хозяйственной деятельности могут быть получены из учетной системы

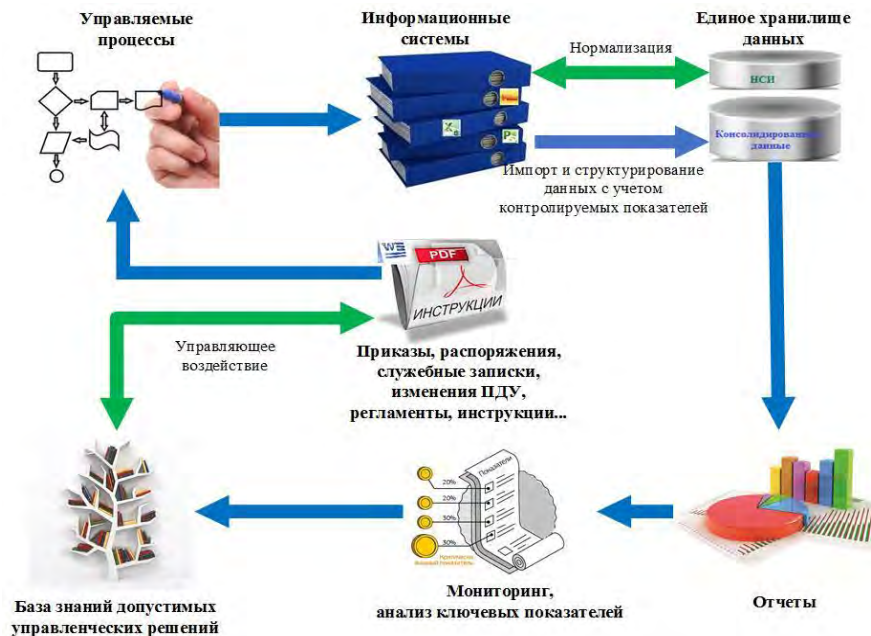


Рис. 2. Архитектура системы управления деятельностью

1С: Бухгалтерия государственного учреждения 8; о закупках – из системы 1С: Государственные и муниципальные закупки 8; данные о планах деятельности учреждения, о графиках проведения занятий и тренировок – из утвержденных файлов в формате Excel; данные по планированию и исполнению договорных работ – из MS Project; журналы по проведению и результатам тренировок на тренажерах – из базы данных в составе Системы информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров пилотируемого космического аппарата (ПКА). Безусловно, использование автоматизированных систем предпочтительно, поскольку данные вносятся оперативно и обладают целостностью. Но подход с использованием на начальном этапе данных, подготовленных по запросу, позволяет проводить автоматизацию поэтапно с настройкой автоматических контуров под целевые задачи учреждения. Главное условие: информация из различных источников обязательно должна содержать данные по установленному априори определенному множеству контролируемых показателей и обеспечивать полную картину для принятия решения.

Множество контролируемых показателей формируется из иерархической системы целеполагания. Для каждого направления для анализа должны аккумулироваться данные по планированию деятельности, данные по учету деятельности в разрезе контролируемых показателей.

Эффективность при принятии управленческих решений напрямую зависит от качества данных результатов деятельности – анализируемой информации. Факторы, определяющие качество информации:

- надежность – информация должна быть правдивой и отражать единую консолидированную суть;
- сопоставимость – информация должна давать возможность анализировать ее в различных разрезах, в том числе отраслевом (т.е. учитывать параметры, которые могут быть востребованы при передаче информации в Роскосмос);
- релевантность, т.е. наличие только той информации, которая действительно необходима для принятия решений;
- достаточность (полнота) информации означает, что она содержит минимальный, но достаточный для принятия правильного управленческого решения набор показателей; как неполная, так и избыточная информация снижают эффективность управления;
- понятность – информация должна быть понятна всем, кто с ней работает;
- доступность и своевременность – возможность получить в нужный момент требуемую информацию, с учетом уровня защищенности;
- актуальность информации – это степень соответствия информации текущему моменту времени.

Обязательным требованием для получения качественной информации является использование единой системы нормативно-справочной информации (НСИ). Интеграция различных специализированных информационных систем предполагает обязательную нормализацию НСИ.

Хранилище данных – предметно-ориентированная база данных, специально разработанная и предназначенная для подготовки отчетов и бизнес-анализа. Целью построения хранилища данных является интеграция, актуализация и согласование оперативных данных из разнородных источников для формирования единого непротиворечивого взгляда на учреждение как на объект управления в целом. Данные в хранилище поступают и обновляются с помощью специальных процедур и доступны только для чтения.

Информация из хранилища используется в процедурах многомерного анализа. Каждое измерение включает направления консолидации данных, состоящие из серии последовательных уровней обобщения, где каждый вышестоящий уровень соответствует большей степени агрегации данных по соответствующему измерению. Так, измерение «Исполнитель» может определяться направлением консолидации, состоящим из уровней обобщения «Учреждение–управление/служба–отдел–специалист». Измерение «Время» может даже включать два направления консолидации – «год–квартал–месяц–день» и «неделя–день», поскольку счет времени по месяцам и по неделям несовместим. В этом случае становится возможным произвольный выбор желаемого уровня детализации информации по каждому из измерений.

Кроме того, полученная информация должна обеспечивать мониторинг состояния процессов по контролируемым показателям. В случае идентификации несоответствия данных требованиям необходимо принятие управленческих решений.

Процесс поддержки принятия решений основан на поиске в данных скрытых закономерностей (шаблонов информации). При этом накопленные сведения автоматически обобщаются до информации, которая может быть охарактеризована как знания.

В общем случае процесс состоит из трех стадий:

- выявление закономерностей;
- использование выявленных закономерностей для предсказания неизвестных значений (прогностическое моделирование);
- анализ исключений, предназначенный для выявления и толкования аномалий в найденных закономерностях.

Метод принятия решений зависит от степени зрелости системы:

- неструктурированная система – метод прецедентов;
- слабо структурированная система – метод резолюций;
- хорошо структурированная система – метод аналитический.

Управляющее воздействие в зависимости от сложности вырабатываемого решения может быть локальным, т.е. принимаемым для оперативного решения в рамках отдельной задачи (операции), или комплексным, т.е. требующим принятия последовательности взаимосвязанных решений на разных уровнях руководства и связанных между собой делегированием ответственности и полномочий.

Моделирование системы автоматизации управления деятельностью

Исходными данными для моделирования системы автоматизации управления деятельностью является информационная модель (рис. 3), которая строится из:

- функциональной модели сети процессов;
- модели системы сбора и анализа данных, основанной на функциональной модели сети процессов.

Формирование информационной модели процесса проходит в несколько этапов. Первоначально – формирование укрупненной функциональной модели, распределение центров ответственности за функции, привлечение в рабочую группу ответственных подразделений для разработки, построение иерархии целей. Далее – уточнение функциональной модели в связи с появившимися требованиями, согласование и формирование концепции системы сбора и анализа данных. Следующий этап – построение информационной модели, в основе которой заложены цели системы, распределены зоны ответственности, определено множество контролируемых показателей факторов, определен порядок мониторинга.



Рис. 3. Схема построения информационной модели управляемого процесса

Далее, для получения функциональной целостности управления деятельностью учреждения, информационные модели процессов уточняются для построения иерархии целей и распределения полномочий с учетом взаимодействия специализированных модулей, исключения дублирования ввода информации, селекции исходной информации в необходимом для анализа деятельности объеме.

Процесс моделирования системы автоматизации управления деятельностью [3] можно свести к последовательности решений следующих задач:

- задача построения иерархической системы целеполаганий;
- задача определения контролируемых показателей;
- задача обеспечения мониторинга показателей;
- задача идентификации несоответствий;
- задача определения допустимых управленческих решений;
- задача выбора эффективных решений.

Основные информационные системы для эффективного управления деятельностью учреждения

Повышение эффективности процесса подготовки космонавтов, неукоснительное исполнение государственного задания, снижение затрат на всех направлениях деятельности учреждения предполагает выполнение следующих основных функций:

- функция оперативного управления ресурсами учреждения;
- функция обеспечения процесса подготовки космонавтов;
- функция обеспечения медицинской деятельности;
- функция оперативного учета технических средств подготовки космонавтов;
- функция обеспечения информационными ресурсами;
- функция повышения обоснованности принятия управленческих решений.

Исходя из стратегии развития информационных технологий [5, 6], приведены основные информационные системы для обеспечения указанных функций. Некоторые информационные системы находятся в стадии разработки, некоторые успешно работают, но для эффективного управления деятельностью требуется их доработка.

Для обеспечения функции оперативного управления ресурсами должны быть реализованы следующие информационные системы:

- система стратегического планирования, финансового моделирования и бюджетирования. Основные цели: финансовое планирование (с возможностью ведения различных сценариев и бюджетов разных версий), управление бюджета-

ми (учет операций по санкционированию расходования бюджетных средств), финансовое обеспечение расходования бюджетных средств (сбор и согласование заявок на расходование денежных средств, с учетом согласованных бюджетных лимитов, управление платежами);

- система проектного управления договорной деятельностью и НИОКР. Основные цели: планирование программ и проектов (сроки, этапы мероприятия, исполнители и эксперты), привязка к бюджетным средствам, ведение программ и проектов в иерархии соподчиненности, контроль выполнения мероприятий и программ, контроль статусов выполнения работ по государственным контрактам, учет расходов, финансовый мониторинг исполнения, учет контрактов с исполнителями и субподрядчиками, учет дополнительных соглашений, контроль расходования бюджетных средств на финансирование программ и проектов, отчетность по исполнению;

- основные учетные системы 1С: Бухгалтерия государственного учреждения 8, 1С: Государственные и муниципальные закупки 8 (на текущий момент существуют, но потребуют доработки в связи с новыми требованиями) [4].

Задачи функции обеспечения процесса подготовки космонавтов – планирование, учет и контроль всех этапов подготовки с детализацией до каждого занятия/упражнения, управления учебно-методическим процессом подготовки космонавтов. Для решения данных задач требуются следующие информационные системы:

- система планирования подготовки космонавтов. Основные цели: планирование программы подготовки космонавтов (астронавтов), планирование графика проведения тренировочных сессий экипажей, планирование программ специальных экспериментов экипажей, планирование графика проведения спецтренировок (в том числе с применением авиационной техники, тренировки на выживание в различных климатогеографических зонах, тренировки в гидролаборатории, на центрифуге), планирование участия в испытаниях (предстартовая, старт, посадка, оперативно-техническая группа поисково-спасательной службы, работа в Центре управления полетами), планирование графика экзаменационных сессий;

- система учета подготовки космонавтов. Основные цели: ведение расписания подготовки, ведение журналов проведения и результатов тренировок/занятий, ведение журналов экзаменационных сессий;

- система информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров пилотируемых космических аппаратов (на текущий момент успешно функционирует, но потребует доработки для обеспечения коммуникации с указанными выше системами). Основные цели: планирование загрузки тренажеров, учет тренировок и работ на тренажерах, анализ подготовки на тренажерах, обеспечение проведения и учета разбора тренировок комиссиями, сопровождение испытаний тренажеров, хранение и доступ к электронным копиям документов по тренажерам.

Для функции обеспечения медицинской деятельности в стадии разработки находится медицинская информационная система. Основные цели: информационная поддержка задач прогнозирования, планирования и контроля выполнения плана медико-биологической подготовки космонавтов, сбор/обработка/хранение медицинских данных, полученных на всех этапах отбора и подготовки космонавтов, повышение качества медицинских обследований и оказания медицинской помощи космонавтам, информационная поддержка на этапе послеполетной реабилитации космонавтов.

Для обеспечения функции оперативного учета технических средств подготовки космонавтов должны быть реализованы следующие информационные системы:

- система планирования технического обслуживания и модернизации технических средств. Основные цели: планирование проведения технического обслуживания, планирование проведения профилактических и регламентных работ, планирование проведения ремонтов, планирование модернизации технических средств или их частей;
- система учета технических средств. Основные цели: ведение реестра оборудования с информацией на технические средства и их компоненты, хранение и организация ограниченного доступа к документации по техническим средствам и их компонентам, учет оборудования, документооборот по перемещению оборудования (материальная ответственность), учет проведенных работ по техническому обслуживанию/ремонту/модернизации, учет наличия и состояния технических средств;
- система анализа технического состояния. Основные цели: автоматизированный сбор сведений для контроля технического состояния оборудования, сбор сведений о необходимости проведения регламентных работ, запросов об устранении недостатков в работе оборудования, планирование на основе анализа данных закупок для обслуживания и модернизации технических комплексов и их компонентов.

Для функции обеспечения информационными ресурсами требуются следующие информационные системы:

- система электронного документооборота. Основные цели: оптимизация работы аппарата управления учреждения, организация оперативной адресной рассылки служебных документов для ознакомления и/или согласования, обеспечение эффективного взаимодействия между подразделениями учреждения, ведение внутреннего делопроизводства. Система на текущий момент работает, но требуется увеличение функционала;
- система информационных ресурсов. Основные цели: обеспечение хранения и предоставления ограниченного доступа к базам данных, содержащих организационно-методические документы, учебные пособия, научную, техническую, бортовую документацию, данные о результатах выполнения программы космических полетов; замечания и предложения экипажей пилотируемых космических аппаратов; нештатные ситуации в полете; фото- и видеоматериалы по отбору, подготовке и послеполетной реабилитации космонавтов. Технические средства системы информационных ресурсов должны обеспечивать удаленный доступ к материалам и возможности проведения дистанционного обучения космонавтов, астронавтов и специалистов. Система внедрена, но требуется увеличение функционала.

Для обеспечения функции повышения обоснованности принятия управленческих решений служит информационная система поддержки принятия решений. Основные цели: анализ деятельности учреждения, основанный на консолидированных данных по всем направлениям деятельности, возможность получения отчетов в различных информационных разрезах, получение своевременной информации о необходимости принятия управленческих решений, создание базы данных эффективных управленческих решений на основе разработки и внедрения шаблонных ситуаций и сбалансированных алгоритмов их решений.

Вывод

Разумный подход к автоматизации сложной разноплановой системы заключается в постепенной отработке всех ключевых процессов и выстраивании системы управленческого учета. Полученная система – это комплекс интегрированных приложений, которые работают в едином информационном пространстве. Мета-модель системы имеет сбалансированные цели и ключевые показатели, что позволяет своевременно получить объективные данные для принятия управленческих решений.

Поэтапное внедрение системы в течение 3–5 лет позволит повысить эффективность деятельности учреждения за счет:

- повышения прозрачности процессов, благодаря разработанной системе целей, разграничению ответственности;
- оперативной реакции на возникающие проблемы, благодаря анализу отклонений ключевых показателей;
- оптимизации распределения ресурсов, благодаря прогнозированию и планированию требуемых ресурсов;
- снижения рисков принятия неправильных управленческих решений, благодаря анализу объективной информации и возможности прогнозирования эффекта от принятых решений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы. Утверждена Указом Президента Российской Федерации № 203 от 9 мая 2017 г.
- [2] Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества Требования. – М., 2015.
- [3] Методология моделирования системы поддержки принятия решений / Серенков П.С., Краснопрошин В.В., Максимович Е.П. // Материалы журнала Методы менеджмента качества. – 2008. – № 11. – С. 26–31.
- [4] Министерство финансов Российской Федерации. Основные направления бюджетной политики на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов. – М., 2016.
- [5] Лончаков Ю.В. Центр подготовки космонавтов на пути инновационного развития (к 55-летию НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина) // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(14). – 2015.
- [6] Использование информационных технологий в процессе подготовки космонавтов / Харламов М.М., Курицын А.А., Ковригин С.Н. // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 1(6).

УДК 629.78.072.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Ю.И. Маленченко, В.Н. Дмитриев

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ Ю.И. Маленченко; канд. воен. наук, ст.н.с. В.Н. Дмитриев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассматриваются вопросы разработки новых документов Центра подготовки космонавтов 2-го уровня «Организационно-методических основ подготовки космонавтов» для каждого из этапов подготовки. Показаны цели, задачи и содержание указанных документов для подготовки космонавтов на каждом из этапов подготовки.

Ключевые слова: космонавт, подготовка, организационно-методическая документация, учебная дисциплина, этап подготовки, требования к подготовке, программа подготовки, тематические планы подготовки, организационно-методические основы подготовки космонавтов.

Improvement of Organizational-Methodical Support of Cosmonaut Training, Yu.I. Malenchenko, V.N. Dmitriev

The paper discusses the issues of the development of the Cosmonaut Training Center's 2nd level documents "Organizational-Methodical Basics of Cosmonaut Training" for each training stage. Objectives, tasks, and content of the said documents are shown.

Keywords: cosmonaut, training, organizational-methodical documentation, discipline, training stage, requirements for training, training program, topical plan of training, organizational-methodical basics.

Одним из направлений совершенствования российской системы отбора и подготовки космонавтов (рис. 1) как при реализации полетов по программе Международной космической станции (МКС), так и при ее модернизации под задачи перспективных типов пилотируемых космических аппаратов (ПКА), является развитие в соответствии с современными условиями системы организационно-методической и учебной документации ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (ЦПК) [9].



Рис. 1. Общая структура российской системы отбора и подготовки космонавтов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

Организационно-методическая и учебная документация, разрабатываемая специалистами ЦПК имени Ю.А. Гагарина, предназначена регулировать аспекты организации и проведения подготовки космонавтов применительно к установленным видам и этапам наземной подготовки (общекосмической подготовки, подготовки в составе групп специализации и совершенствования, подготовки в составе экипажей ПКА [8]) (рис. 2).

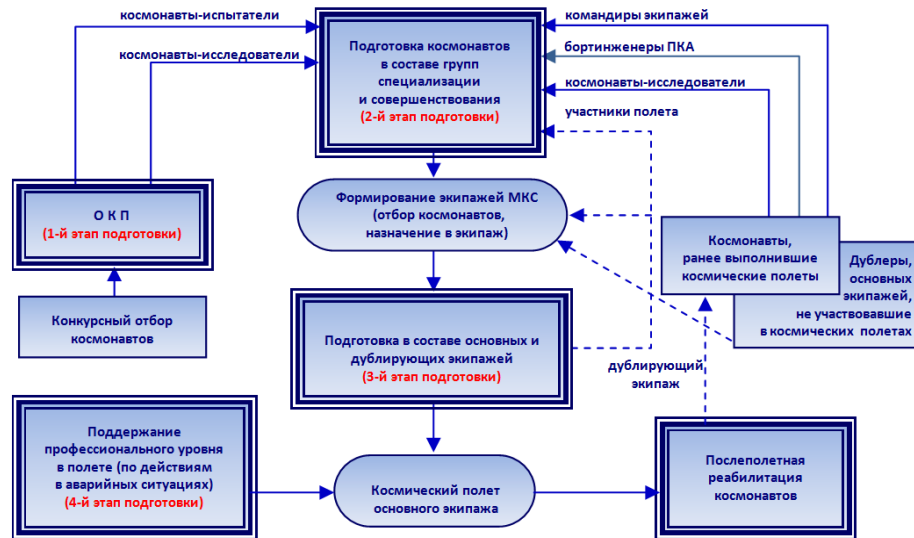


Рис. 2. Последовательность этапов отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов

Методологией подготовки космонавтов предусматривается, что подготовка на каждом из этапов должна обеспечивать формирование у космонавтов знаний, навыков, умений и профессионально важных качеств, необходимых для успешного завершения подготовки на каждом из этапов, а при подготовке в составе экипажей – для выполнения программы конкретного космического полета.

В соответствии с ежегодным «Перечнем основных документов, регламентирующих деятельность ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» [1], состав организационно-методической и учебной документации по отбору и подготовке космонавтов (всего около 320 документов) включает:

- руководства, положения, инструкции по организации отбора и подготовки космонавтов (35 наименований);
- документы планирования подготовки (20 наименований);
- методическую документацию для подготовки космонавтов по всем видам и на всех этапах подготовки (30 наименований);
- учебную документацию по ТПК «Союз», РС МКС (219 наименований);
- документы, регламентирующие медико-биологическую, психологическую и физическую подготовки, медицинское освидетельствование космонавтов, медицинское обеспечение и сопровождение подготовки космонавтов, послеполетную медицинскую реабилитацию космонавтов (35 наименований).

Данный «Перечень...» ежегодно обновляется и дополняется актуальными для подготовки космонавтов документами, разрабатываемыми специалистами ЦПК.

Вся совокупность документов по подготовке космонавтов имеет определенную иерархическую структуру, которая регламентируется одним из основных нормативных документов по подготовке – Руководством по подготовке космонавтов (1-й уровень иерархической системы документов ЦПК). При этом документы нижнего уровня раскрывают (уточняют) содержание документов верхнего уровня и не должны противоречить их требованиям.

Важным обстоятельством, которое во многом затрудняет работу специалистам ЦПК по разработке и совершенствованию организационно-методической и учебной документации, является наличие в настоящее время нескольких версий (редакций) Руководства по подготовке космонавтов (РПК), включенных в вышеуказанный «Перечень...», и отсутствие актуальной (юридически действующей) версии. Наряду с введенным в действие решением Госкомиссии по военно-промышленным вопросам при Совете Министров СССР от 15.06.1987 г. № 277 «Руководством по подготовке космонавтов» (РПК-87) [2], которое в настоящее время не отменено и продолжает официально действовать, используются разработанные в последнее время версии этого документа – проект «Руководства по подготовке космонавтов в Российской Федерации» (РПК-2008) [3], а также более поздний проект «Временного Руководства по подготовке космонавтов Российской Федерации» (ВРПК-2014) [4].

Однако РПК-87 и более поздняя редакция (РПК-2008) устарели, так как не отвечают современным условиям космической деятельности в Российской Федерации, а также не учитывают сложившуюся к настоящему времени теорию и практику подготовки российских космонавтов и международных экипажей.

Структура документов по подготовке космонавтов, регламентируемая РПК-2008, включала четыре иерархических уровня и основными организационно-методическими документами (после РПК), регулирующими вопросы подготовки по отдельным видам, являлись частные «Руководства по организации и проведению подготовки космонавтов...» (документы 2-го уровня).

Однако практика показала, что в указанных частных Руководствах не учитывались взаимосвязи между дисциплинами применительно к отдельным видам (на стыке пересечения разных видов и дисциплин подготовки) и этапам наземной подготовки. Кроме того, в РПК-2008 отсутствовало понятие «учебная дисциплина» подготовки. Программы подготовки космонавтов на этапах ОКП, в группах и в экипаже представляли собой перечни тем и объемы теоретических, практических занятий и тренировок, характеризующих соответствующий вид (раздел) подготовки.

С учетом этого, специалистами Центра был предложен и закреплен в ВРПК-2014 новый тип документов «Организационно-методических основ подготовки космонавтов...», предназначенных регулировать вопросы планирования, организации и проведения подготовки космонавтов по видам и дисциплинам на каждом из этапов подготовки. Данные документы были отнесены ко 2-му уровню структуры документов ЦПК (после РПК), а частные Руководства по отдельным видам подготовки соответственно перешли на 3-й уровень.

При этом ранее существовавшая 4-уровневая структура документов ЦПК стала 5-уровневой (рис. 3).

Уровни документирования



Рис. 3. Пятиуровневая структура документации по организации и проведению подготовки космонавтов (в соответствии с ВРПК-2014 г.)

Для учета этих и других новых факторов в 2014 году в ЦПК разработано «Временное Руководство по подготовке космонавтов Российской Федерации» [4], которое к настоящему времени согласовано с РАН, ИМБП РАН, ГКНПЦ им. Хруничева, НПП «Звезда» и находится на согласовании в РКК «Энергия».

Редакция ВРПК-2014 определяет новый состав видов подготовки космонавтов, к которым относятся: подготовка по теоретическим основам космонавтики; техническая подготовка по конструкции, бортовым системам и оборудованию ПКА; подготовка к выполнению научно-прикладных исследований и экспериментов; комплексная подготовка экипажей ПКА; подготовка к действиям после посадки ПКА в экстремальных условиях различных климатогеографических зон; подготовка к внекорабельной деятельности; подготовка в интересах обороны и безопасности Российской Федерации; специальная летная подготовка; специальная парашютная подготовка; медико-биологическая подготовка; психологическая подготовка; физическая подготовка; гуманитарная подготовка.

ВРПК-2014 также определяет, что указанные виды подготовки космонавтов состоят из учебных дисциплин, дисциплины состоят из разделов и учебных тем. Имеется в программе подготовки межвидовая дисциплина – подготовка космонавтов к операторской деятельности в условиях кратковременной невесомости на самолетах-лабораториях, которая может осуществляться в интересах ряда видов подготовки.

В соответствии с новым подходом в период 2009–2015 гг. в ЦПК проводились системные работы, посвященные разработке новых актуальных для современной практики документов «Организационно-методические основы подготовки космонавтов» для каждого из этапов наземной подготовки (рис. 4).



Рис. 4. Состав документов 2-го уровня
«Организационно-методические основы подготовки космонавтов...»
для каждого из этапов наземной подготовки

В 2011 году были разработаны «Организационно-методические основы подготовки экипажей МКС» (в составе 2-х книг) [7].

В 2011–2012 гг. проводилась работа по разработке «Организационно-методических основ общекосмической подготовки кандидатов в космонавты» (в составе 2-х книг) [5], предназначенного нормировать вопросы планирования, организации, проведения и контроля подготовки на первоначальном этапе обучения космонавтов.

В 2015 году разработаны «Организационно-методические основы подготовки космонавтов в составе групп специализации и совершенствования» (в составе 4-х книг) [6].

«Организационно-методические основы подготовки космонавтов...» ориентированы на подготовку космонавтов-испытателей к полетам в рамках Федеральной космической программы на ТПК «Союз» и МКС с учетом состава номенклатуры должностей и распределения их ответственности в составе экипажей. Они учитывают актуальные требования международных и российских (федеральных и ведомственных) нормативных правовых документов в области пилотируемой космонавтики и перспективные направления ее развития в рамках Федеральной космической программы России на 2016–2025 гг.

Эти документы регламентируют базовые подходы к подготовке космонавтов для каждого из этапов и структурно включают актуальные для практики вопросы (рис. 5).

В типовых программах подготовки отдельные дисциплины (например, по теоретическим основам космонавтики, историческим аспектам и др.) изучаются кандидатами в космонавты только на этапе ОКП, подготовка по другим продолжается на последующих этапах подготовки.

При разработке «Организационно-методических основ подготовки космонавтов в составе групп специализации и совершенствования» было учтено, что в последнее время с целью недопущения снижения уровня теоретической и практической

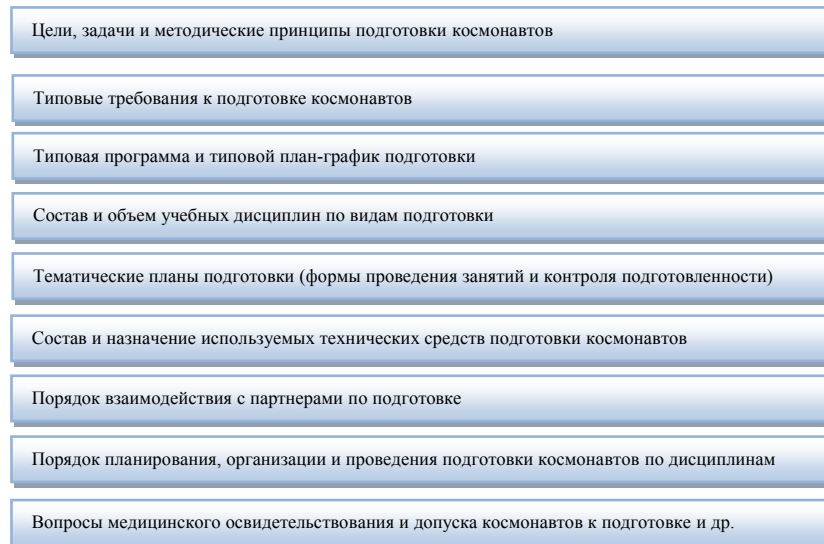


Рис. 5. Общее содержание
«Организационно-методических основ подготовки космонавтов»

подготовленности космонавтов на этапе внедрен новый подход, при котором уже в процессе проведения базовой подготовки (по окончании базовой подготовки по конкретной дисциплине) начинается подготовка по поддержанию знаний и навыков.

В разработке каждого из указанных документов приняли участие более 100 специалистов Центра, участвующих в организации, проведении и научно-методическом обеспечении подготовки космонавтов.

При разработке документов учтены замечания и предложения инструкторов-космонавтов-испытателей Ю.В. Лончакова, С.А. Волкова, М.В. Тюрина, Ю.И. Маленченко и других, принимавших участие в их рецензировании. Каждый из документов после их разработки был рассмотрен на методическом и научно-техническом советах ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» и рекомендован для использования при планировании, организации и проведении подготовки космонавтов.

Указанные документы являются методологической основой при разработке программ, планов-графиков и других нижестоящих организационно-методических и учебных документов, регламентирующих порядок проведения подготовки кандидатов в космонавты, групп космонавтов и экипажей в ЦПК.

Разработка вышеуказанных документов позволила создать сводный «Перечень учебных дисциплин и объемов подготовки космонавтов-испытателей к космическому полету по программе Международной космической станции» для этапов общекосмической подготовки (52 дисциплины общим объемом около 2500 часов), подготовки в составе групп специализации и совершенствования (70 дисциплин общим объемом около 3700 часов) и подготовки в составе экипажа ПКА (60 дисциплин общим объемом около 2100 часов).

В «Перечне учебных дисциплин...» всем учебным дисциплинам присвоен индекс D_i , характеризующий этап подготовки и порядковый номер дисциплины (D_{OKPi} для этапа ОКП, $D_{ГССi}$ для этапа подготовки в группах специализации и совершенствования, $D_{ПЭi}$ для этапа подготовки в составе экипажа).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Перечень основных документов, регламентирующих деятельность ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2016 г.
- [2] Руководство по подготовке космонавтов ЦПК имени Ю.А. Гагарина (РПК-87), 1987 г.
- [3] Руководство по подготовке космонавтов в Российской Федерации (РПК-2008). – РГНИИЦПК им. Ю.А. Гагарина, 2008.
- [4] Временное Руководство по подготовке космонавтов в Российской Федерации, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», проект, 2014 г.
- [5] Организационно-методические основы общекосмической подготовки кандидатов в космонавты. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2012.
- [6] Организационно-методические основы подготовки космонавтов в составе групп специализации и совершенствования. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2015.
- [7] Организационно-методические основы подготовки экипажей МКС. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2010.
- [8] Этапы инновационного развития Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина / Лончаков Ю.В., Крючков Б.И., Курицын А.А. // Полет. – 2015. – № 4. – С. 4–14.
- [9] Эволюция системы подготовки космонавтов в СССР – Российской Федерации: от тренировки навыков к формированию профессиональной компетентности / Крючков Б.И., Сохин И.Г., Курицын А.А. // Вопросы истории естествознания и техники. – 2012. – № 3. – С. 105–109.

УДК 629.78.007

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОТИПОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЗДАНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕНАЖЕРОВ ПКА

А.И. Жохов

Канд. техн. наук А.И. Жохов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Приведены задачи автоматизации информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров ПКА, результаты создания и применения прототипов соответствующих информационных систем.

Ключевые слова: тренажер пилотируемого космического аппарата, информационное обеспечение, информационная система, информационная технология.

Experience in Developing and Applying the Prototypes of Elements of the Informational Support System for Designing, Running, and Intended Use of Manned Spacecraft Simulators. A.I. Zhokhov

The paper gives the automation tasks of the informational support for designing, running, and intended use of manned spacecraft simulators as well as the results of the creation and application of the prototypes of appropriate information systems.

Keywords: manned spacecraft simulator, informational support, information system, information technology.

Из истории вопроса

Можно выделить 4 этапа в развитии информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров ПКА в тренажерном управлении Центра подготовки космонавтов.

1-й этап – докомпьютерный.

Основная информационная задача – составление выписки из еженедельных планов подготовки экипажей и групп – решалась следующим образом. Ответственный за планирование в управлении выделял (подчеркивал красным карандашом) занятия, которые должны быть в выписке для управления. Машинистка-делопроизводитель перепечатывала на пишущей машинке выделенное в нескольких экземплярах. Результат передавался руководителям управления и вывешивался на информационном стенде.

2-й этап – использование первых персональных компьютеров.

Текст выписки подготавливался на персональном компьютере и распечатывался в необходимом количестве на принтере.

Предпринимались попытки использовать электронные таблицы (сначала отечественной – «Мастер») для планирования и учета индивидуальных трудозатрат по разделам тематического плана Центра.

3-й этап – использование экспериментальной локальной компьютерной сети Управления.

Начало экспериментального применения сетевых СУБД (баз данных – БД) и интранет-технологий. Создавалась технология автоматизированного формирования еженедельных выписок из excel-файлов планов подготовки экипажей и групп, сохранения данных в сетевой БД (MySQL). Разрабатывалось сетевое приложение

БД [1], позволяющее просматривать и фильтровать выписки занятий на ТСПК управления, вносить в БД результаты занятий, получать аналитику по количеству и продолжительности выполненных занятий, трудозатратам, надежности ТСПК (замечания, сбои, срывы тренировок) в табличном виде. Основной функционал приложения реализовывался на web-сервере с использованием языка PHP.

Этап завершился после прекращения функционирования экспериментальной локальной сети управления, связанного с преобразованием РГНИИЦПК им. Ю.А. Гагарина в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

4-й этап – использование информационной компьютерной инфраструктуры Центра (современный).

Характеризуется наличием современной информационной инфраструктуры и развитием информационного обеспечения в соответствии с основными документами: Концепция информатизации [2] и Стратегия развития информационных технологий Центра [3]. В документах предусмотрено создание специализированных информационных систем в интересах подразделений Центра. Забота о создании и развитии специализированных систем остается ответственностью самих подразделений. Поэтому в управлении в течение ряда лет проводятся исследования и разработка прототипов ее элементов, в том числе – в рамках инициативных научно-исследовательских работ. Целями построения прототипов являются:

- освоение современных информационных технологий для их последующего использования в сопровождении и развитии информационных систем (ИС), получение специфичной компетенции в управлении;
- отработка требований к функциональности и к интерфейсу ИС;
- оценивание сложности создания и сопровождения ИС, востребованности информационных услуг ИС, возможного эффекта от их создания;
- определение возможности решения задач информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров ПКА путем совершенствования прототипов без заказа ИС «на стороне».

Задачи автоматизации информационного обеспечения, связанного с тренажерами ПКА

Для обеспечения создания, модернизации и эксплуатации тренажеров сотрудникам различных подразделений Центра необходимо решать разнообразные задачи, такие как:

- проведение научно-исследовательских работ по обоснованию требований к новым тренажерам ПКА и направлений совершенствования существующих, по вопросам испытаний и эксплуатации тренажеров ПКА;
- сопровождение заказа и выполнения опытно-конструкторских работ по созданию и модернизации тренажеров, их приемка (приемочные испытания);
- планирование и обеспечение тренировок и работ, выполняемых на тренажерах;
- оценивание технического состояния тренажеров;
- определение потребностей в техническом обслуживании, замене комплектующих, пополнении запаса запчастей, ремонте;
- учет и анализ трудозатрат на все виды работ с тренажерами ПКА.

Кроме того, информация о деятельности космонавтов в процессе тренировки необходима инструкторам для анализа процесса достижения целей подготовки космонавтов на тренажерах. Эта информация также может потребоваться экзамена-

онным (возможно и другим) комиссиям для разбора отдельных моментов деятельности космонавтов или их подготовке как непосредственно по окончании тренировки (в том числе экзаменационной), так и в более позднее время.

Решение этих задач требует планирования, управления, контроля, анализа и, естественно, информационного обеспечения, в частности, с применением компьютерных информационных технологий.

Анализ информационных потребностей различных групп сотрудников Центра в информационном обеспечении, связанном с тренажерами ПКА, позволил сформулировать следующие задачи его автоматизации [4].

I. Формирование недельных планов загрузки тренажеров ПКА на подготовку групп космонавтов и экипажей

Потребители информации: руководство управления и отделов, обслуживающий персонал тренажеров.

Исходная информация: excel-файлы и утвержденные бумажные копии недельных планов подготовки групп и экипажей.

Выходная информация: выписки из недельных планов подготовки космонавтов, содержащие отсортированные по датам и времени списки занятий, тренировок и работ, планируемых на тренажерах управления.

Особенности: планы не являются строго структурированными документами, рассчитанными на автоматизированную обработку (значительная часть информации вводится вручную, информация группируется по обучаемым произвольно). Как результат, одни и те же тренажеры могут упоминаться по-разному в разных планах, к одному занятию могут относиться несколько записей в планах.

II. Учет и анализ тренировок и работ, выполняемых на тренажерах ПКА

Потребители информации: руководство управления и отделов.

Исходная информация: бумажные рукописные журналы тренажеров.

Выходная информация: электронные журналы, аналитика по наработке и загрузке тренажеров, по сбоям и замечаниям, трудозатратам, подготовке космонавтов на тренажерах.

Особенности: значительный объем дополнительной ручной работы по вводу данных, параллельный электронный и бумажный (двойной) учет, сравнительно редкая потребность в аналитических данных – при целевом анализе и подведении итогов.

III. Информационное обеспечение анализа тренировок и подготовки космонавтов на тренажерах ПКА

Потребители информации: инструкторы, экзаменационные и другие комиссии.

Исходная информация: файлы аудиовидеозаписей тренировок на тренажерах ПКА, данных об их фрагментации (привязки к временным меткам), журналов событий и действий обучаемых, протоколов результатов тренировок.

Выход: оперативный поиск и предоставление инструкторам и комиссиям аудиовидеозаписей требуемых фрагментов тренировок и других вспомогательных данных для разбора тренировки и анализа действий обучаемого; статистические данные для анализа результатов подготовки космонавта на тренажерах.

Особенности: значительный объем памяти, занимаемый файлами одной тренировки, потенциально большое количество записей, накапливаемое за необходимый срок их хранения – до 2,5–3 лет (до завершения послеполетного разбора).

IV. Анализ технического состояния тренажеров ПКА

Потребители информации: руководители, отвечающие за исправность и развитие тренажеров ПКА, инструкторы, специалисты, планирующие подготовку групп космонавтов и экипажей.

Исходная информация: данные о составе оборудования тренажеров, выполненном обслуживании и ремонтах, техническом состоянии оборудования, наличии ЗИПа, а также данные о замечаниях инструкторов и инженеров к работе тренажеров и ходе их устранения.

Выход: информация для прогноза технического состояния оборудования тренажеров, предложений по модернизации оборудования, пополнения ЗИПа, информация о неустраненных замечаниях, о готовности тренажеров к проведению на них занятий.

V. Контроль договорных работ и закупок по тренажерам ПКА

Потребители информации: руководители, отвечающие за создание, техническое состояние и развитие тренажеров ПКА, сотрудники координационно-плановой службы.

Исходная информация: данные о планах работ и закупок, о ходе оформления и выполнения договоров по тренажерам ПКА.

Выходная информация: оперативные отчеты о состоянии оформления и выполнения договоров, данные о суммарных затратах на создание, модернизацию и поддержание в работоспособном состоянии тренажеров ПКА для контроля за процессом, обоснования предложений по оптимизации состава закупок и прогноза потребных средств.

VI. Информационное сопровождение испытаний тренажеров ПКА

Потребители информации: руководство управления и отделов, руководители испытательных бригад, ответственные по тренажерам.

Исходная информация: документы на ОКР (требования ТТЗ, ТЗ), документы на проведение испытаний (программы-методики испытаний, составы испытательных бригад), результаты проверок (протоколы, журналы учета замечаний).

Выход: база данных по испытаниям, проверкам, их результатам и замечаниям; автоматизированная генерация протоколов проверок, списков замечаний, прилагаемых к акту об испытаниях; контроль за ходом устранения замечаний.

VII. Хранение и доступ к электронным копиям документов по тренажерам ПКА

Потребители информации: сотрудники управления.

Исходная информация: конечные версии (подписанные оригиналы и их электронные источники) документов, разрабатываемых в управлении; справочные документы, необходимые для обеспечения деятельности управления.

Выход: база данных атрибутов документов, сетевое хранилище файлов, интерфейс загрузки файлов в хранилище, поиска документов, выгрузки требуемых файлов документов на ЭВМ пользователя.

В статье рассматривается опыт создания и использования пяти прототипов ИС, относящихся к задачам 1, 2, 3, 5 и 7.

Технологическая платформа разработки и использования прототипов ИС

Все прототипы ИС построены как сетевые web-приложения баз данных.

Выбор технологической платформы был обусловлен имеющимся опытом работы с SQL-базой данных – MySQL – при помощи кода PHP-страниц, размещаемых на web-сервере Apache, с одной стороны. С другой, с учетом примера Европейского космического агентства, использующего систему планирования и контроля подготовки астронавтов ATD (Astronaut Training Development & Implementation System).

В результате для разработки и реализации ИС выбраны: платформа создания web-приложений фирмы Sencha, ядро которой ExtJS – java-script-библиотека основных классов для создания визуального интерфейса и логики приложения – доступна в свободно распространяемом варианте с открытым исходным кодом; Apache в качестве сервера приложения, MySQL в качестве сервера базы данных, PHP – язык программирования для взаимодействия с базой данных, также свободно распространяемые.

На данной платформе web-приложение является одностраничным (с единственным html-файлом), изменения в интерфейсе и отображаемых данных производятся в ответ на действия пользователя посредством динамической подкачки файлов приложения и асинхронных AJAX-запросов к серверу без обновления всего окна приложения [7, 8].

Приведенное выше программное обеспечение установлено и функционирует на виртуальном вычислительном комплексе центра обработки данных Центра подготовки космонавтов.

Основные характеристики прототипов ИС

1. Приложение «Расписание» (задача 1)

Для формирования недельной выписки из планов подготовки и ввода данных в БД разработана двухэтапная технология:

1-й этап – данные excel-планов групп (10–12 файлов) преобразуются VBA-кодом Excel в «правильную» таблицу, где каждый столбец содержит свой тип данных (дата тренировки, время начала, время конца и т.д.);

2-й этап – обработка данных в Access: отбор записей, относящихся к управлению; объединение записей, относящихся к одному занятию; формирование отчета «Выписка» для печати; формирование excel-файла выписки (для рассылки по почте); экспорт данных в MySQL БД «Расписание».

Приложение «Расписание» имеет вид, изображенный на рисунке 1, и позволяет всем сетевым пользователям просматривать и отфильтровывать занятия на тренажерах управления текущей и следующей недели (по готовности новых планов), распечатывать свой вариант расписания и экспортировать его в Excel-файл.

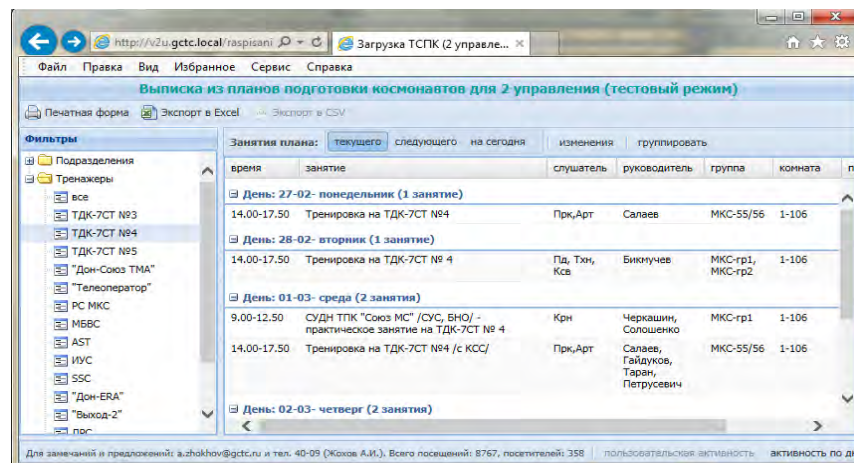


Рис. 1. Приложение «Расписание». Фильтрация занятий на тренажере ТДК-7СТ № 4

2. Приложение «Журнал» (задача 2)

Данное приложение (общий вид – рисунок 2) работает с БД, содержащей данные выписок из планов подготовки, из журналов тренажеров, данные о тренажерах управления, об обслуживающем персонале и реализует следующий функционал [5]:

- ввод в БД данных о тренировках и работах из рукописных журналов тренажеров (тренажерных подсистем);
- импорт в БД данных из файлов протоколов тренировок о результатах операторской деятельности в процессе тренировки (тренажеры стыковки «Телеоператор» и «Дон-Союз»);
- просмотр выписок из планов подготовки и записей в журналах тренажеров;
- представление аналитики в табличном и графическом видах:
 - по количеству и длительности тренировок;
 - наработке тренажеров;
 - загрузке тренажеров;
 - трудозатратам;
 - замечаниям к работе тренажеров, сбоям и срывам тренировок;
 - объемам подготовки экипажей и космонавтов на тренажерах.

Аналитика рассчитывается для выбранных одного или нескольких тренажеров, периода времени и периода детализации (неделя, месяц и т.д.).

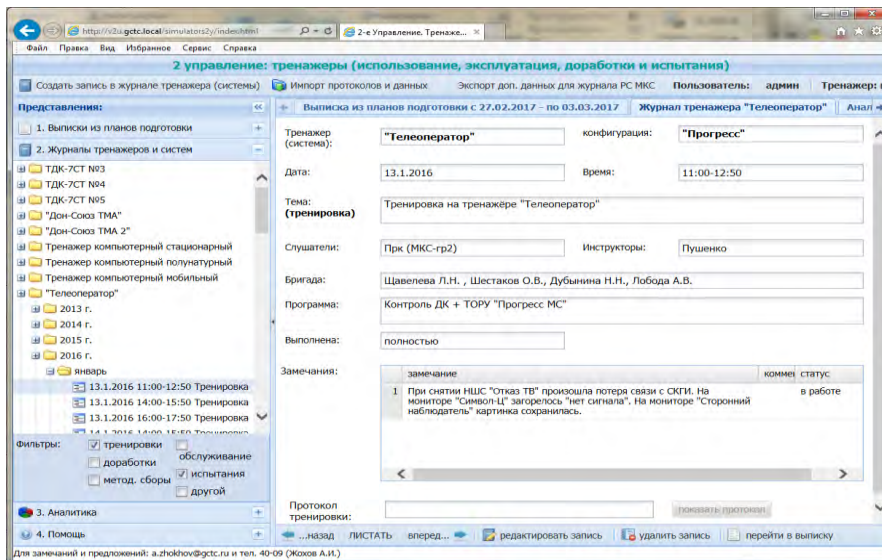


Рис. 2. Приложение «Журнал». Запись о тренировке на тренажере «Телеоператор»

Данные рассчитанной аналитики могут сохраняться в табличном excel-файле и графическом png-файле.

3. Приложение «Оценка» (задача 3)

Приложение работает с БД (той же, что и первые два приложения), содержащей данные из протоколов тренировок космонавтов на тренажерах стыковки «Телеоператор» и «Дон-Союз».

Приложение предназначено для анализа статистики операторской деятельности в процессе тренировок по ручной стыковке пилотируемых транспортных кораблей, беспилотных кораблей и модулей к станции в телеоператорном режиме. Оно позволяет [6]:

- отбирать подмножество результатов тренировок по тренажеру, инструктору, оператору, периоду времени и начальным условиям;
- отображать на графике (диаграмме) отобранные данные в требуемом виде (рисунок 3);
- проводить первичный статистический анализ данных и отображать его в графическом виде:
 - оценивать распределение выбранных параметров (функция и плотность вероятности распределения, математическое ожидание и т.д.);
 - оценивать взаимозависимость пар случайных параметров (коэффициент корреляции, точечный график).

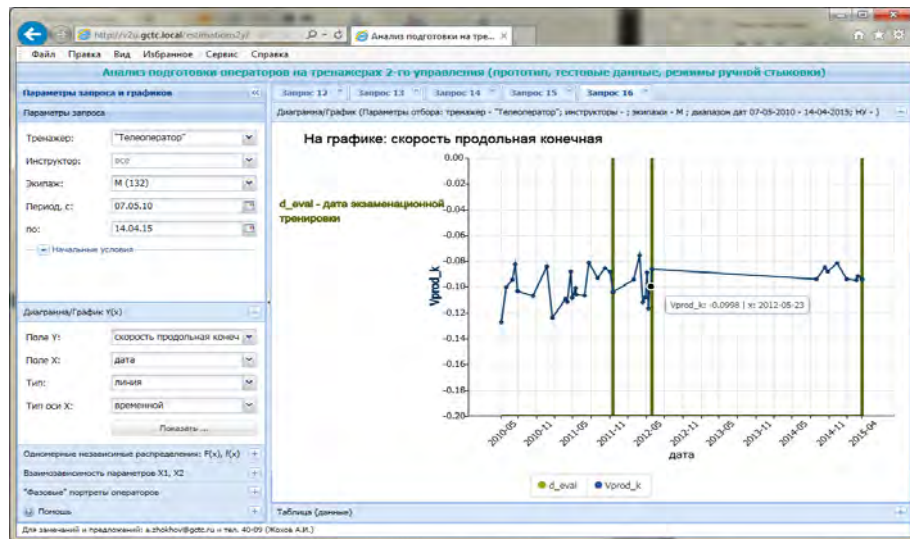


Рис. 3. Приложение «Оценка». График значений продольной скорости в момент касания по датам тренировок (усреднено по дате)

Наличие в распоряжении данных выполнения конкретного упражнения оператором, статистики оператора выполнения подобных упражнений и статистики по всем операторам позволяет разрабатывать комплексные (по всем оцениваемым параметрам) и интегрированные (сравнение статистики оператора со всей статистикой) показатели.

В качестве примера в прототипе представлены два показателя.

Первый – средневзвешенное отклонение комплексное (СОК), одним числом характеризует точность выполнения оператором стыковки в конкретном упражнении по отношению к имеющейся статистике и вычисляется по формуле:

$$\text{СОК} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|P_i - P_{io}|) / MO_i, \quad (1)$$

где P_i и P_{io} – конечное и ожидаемое значение i -параметра относительного движения; MO_i – математическое ожидание $|P_i - P_{io}|$ по всей статистике; $N = 7$ – число оцениваемых параметров.

Значения СОК меньше 1 означают: стыковка выполнена «лучше статистики». На графике (рис. 4) для оценивания разброса значений СОК отображается диапазон $(1 - \sigma_{СОК}, 1 + \sigma_{СОК})$, где $\sigma_{СОК}$ – среднее квадратическое отклонение СОК по всей статистике.

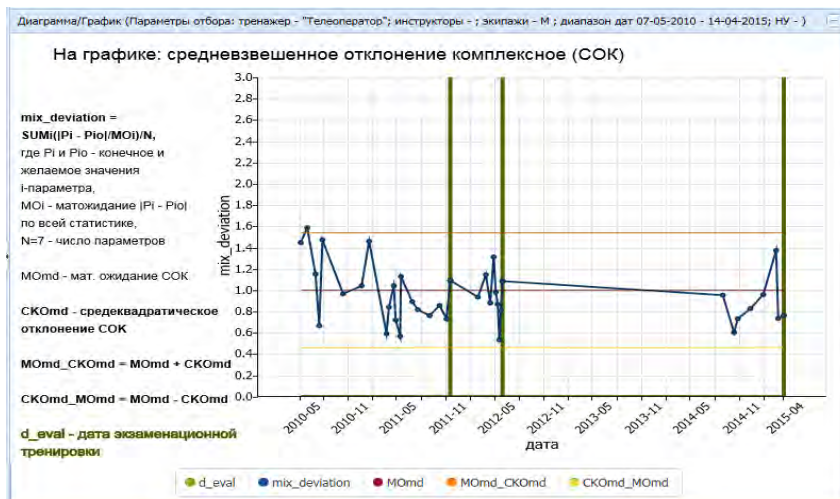


Рис. 4. Приложение «Оценка». Пример графика СОК

Второй – интегральный показатель оператора (ИПО), характеризует отклонение статистических показателей точности (математического ожидания и среднее квадратическое отклонение) оператора от всей статистики и рассчитывается по формуле:

$$ИПО = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{MO_{oi}}{MO_i} + \frac{\sigma_{oi}}{\sigma_i} \right), \tag{2}$$

где MO_{oi} и MO_i – математическое ожидание i -параметра по статистике o -оператора и по всей статистике соответственно; σ_{oi} и σ_i – аналогично для среднее квадратического отклонения.

Значение ИПО оператора меньше двух означает «лучше статистики». На рисунке 5 приведен т.н. фазовый портрет оператора «лучше статистики».

4. Приложение «Закупки» (задача 5)

Приложение работает с БД, содержащей данные о планируемых закупках, контрактах на выполнение работ по тренажерам управления, о состоянии их заключения и выполнения.

Приложение позволяет:

- вводить данные новых закупок;
- вводить данные о ходе подготовки, подписания и выполнения контрактов;
- корректировать данные справочников по ответственным за закупку, исполнителям контрактов, тренажерам и тренажерным подсистемам;

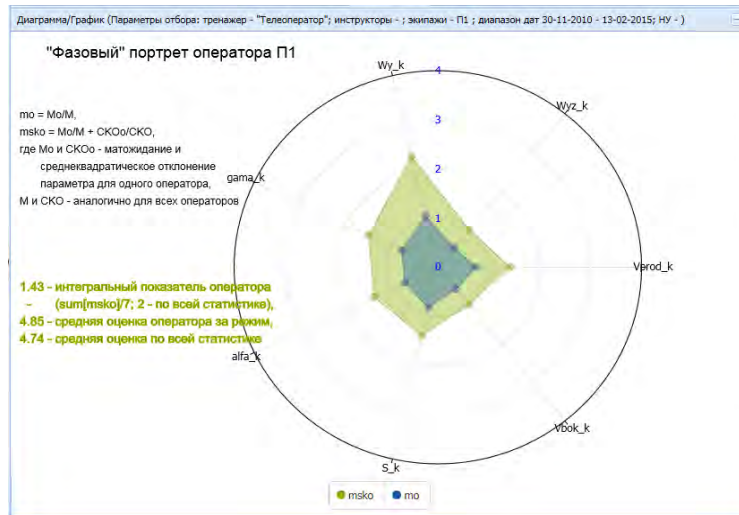


Рис. 5. Приложение «Оценка». Пример фазового портрета оператора «лучше статистики»

- отображать состояние и план-график закупок года;
- рассчитывать аналитику по объемам закупок в различных разрезах (тип закупки, тренажер, подсистема, ПКА, отдел, исполнитель и годы) и представлять результат в виде столбчатой или круговой диаграммы (рисунок 6).

Диаграммы закупок можно сохранять в png-файле или экспортировать данные в табличной excel-форме.

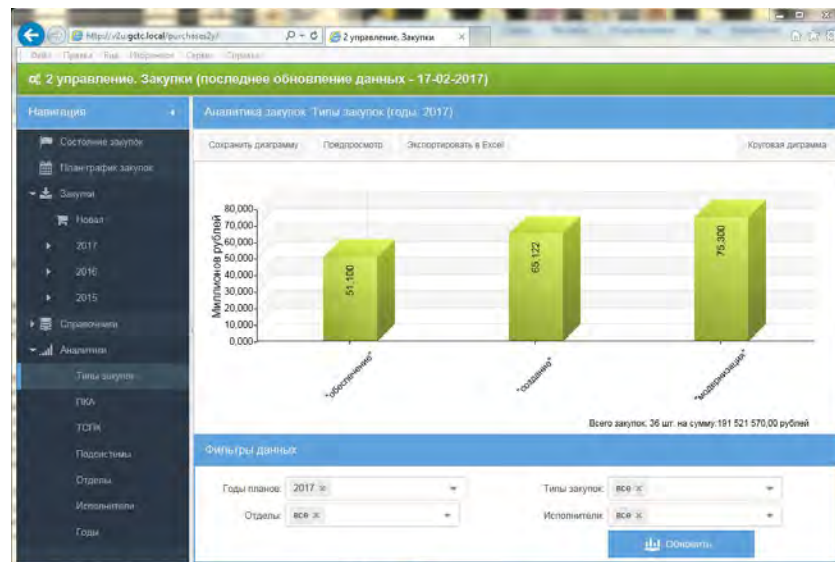


Рис. 6. Приложение «Закупки». Пример аналитики: закупки по типам

5. Приложение «Документы» (задача 7)

Приложение предназначено для хранения, поиска и быстрого доступа к электронным файлам документов, необходимых сотрудникам управления в работе, и реализует следующий функционал: ввод данных о документе в БД и загрузка его файла в сетевое хранилище, поиск документа по титулу и отделу, загрузка файла документа на ЭВМ пользователя. Общий вид приложения приведен на рисунке 7.

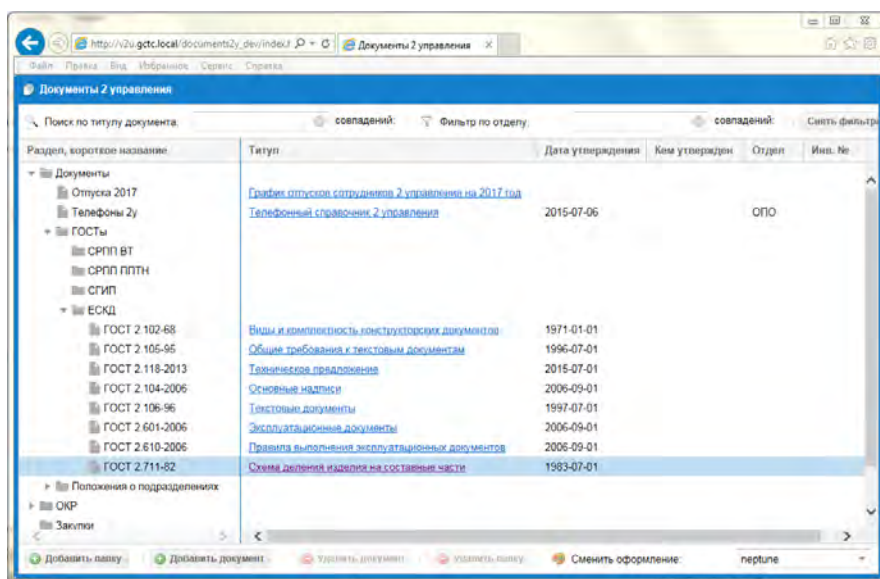


Рис. 7. Приложение «Документы»

Опыт создания

Опыт использования выбранных программных средств для создания прототипов данного рода ИС показал:

- возможность быстрого освоения данных технологий благодаря хорошей их документированности и поддержке разработчиков;
- возможность быстрого создания прототипов ИС благодаря наличию большого количества работающих примеров с открытым прокомментированным исходным кодом, стандартизацией файловой структуры приложения.

Вместе с тем сложности могут возникнуть:

- в написании и отладке php-кода в силу использования для этого главным образом текстового редактора и метода трассировки выполнения кода;
- из-за необходимости программного контроля хода размещения и прорисовки визуальных элементов интерфейса в окне приложения, выполнения асинхронных AJAX-запросов к серверу данных и некоторых других особенностей, отличающих java-script-программирование.

Сводные данные по рассматриваемым прототипам ИС приведены в таблице.

Сводная таблица характеристик прототипов ИС

Условное название ИС	Год создания	Объем кода, файлов/строк/Кбайт			Трудо-затраты, чел.*мес.
		Java-script	PHP	VBA	
«Расписание»	2012	15/1430/46	9/1200/47	2/1170/-	6
«Журнал»	2014	54/7700/350	44/4400/290	–	6
«Оценка»	2015	13/2510/73	19/1370/70	–	3
«Документы»	2015	15/1110/60	7/260/11	–	1
«Закупки»	2016	40/4330/161	38/4330/135	–	2

Данные в таблице показывают, что с повышением опыта (компетенции) трудозатраты на создание ИС сокращаются (до трех раз). Следует также учитывать, что выбранная платформа, в частности java-script-библиотека ExtJS, быстро развивается и часто обновляются ее версии. В прототипах были использованы версии ExtJS v.4.1 – два раза, ExtJS v.5.1 – два раза и один раз – ExtJS v.6.0. Поэтому важно поддерживать компетенцию и осваивать обновленные версии программ.

Опыт использования

Прототип ИС «Расписание» регулярно используется с 2012 года, в БД накоплено более 12 тысяч записей о планируемых занятиях на тренажерах управления.

Прототип ИС «Журнал» также регулярно используется с 2014 года, в БД содержится более 30 тысяч записей о тренировках и работах, выполненных на 28 тренажерах и тренажерных системах, вносимых 16 операторами (ответственными за журналы).

Прототипы ИС «Оценка» и «Документы» остаются демонстрационными образцами.

Прототип ИС «Закупки» используется, главным образом, для накопления данных о закупках, связанных с созданием, модернизацией и обеспечением работоспособности тренажеров управления в целях их анализа.

Опыт использования созданных прототипов ИС позволяет сделать следующие выводы:

- прототипирование является важным этапом на пути успешного заказа и создания специализированной ИС;
- решение отдельных задач автоматизации информационного обеспечения, связанного с тренажерами ПКА, возможно без заказа ИС путем создания и развития прототипа ИС силами управления;
- успех в создании и использовании ИС в значительной мере определяется наличием заказчика ИС, готового затратить определенный труд при взаимодействии с разработчиком ИС как на этапе разработки требований к системе, так и при ее приемке и доработке и заинтересованного в эффективном использовании ИС и обладающего для этого необходимым административным ресурсом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Жохов А.И. Разработка и исследование базы данных по подготовке космонавтов на технических средствах тренажерного управления РГНИИЦПК // V Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»: Сб. тезисов. – Звездный городок, 2003.
- [2] Концепция информатизации ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (на период 2013–2015 гг. и дальнейшую перспективу). – Звездный городок, 2013.
- [3] Стратегия развития информационных технологий ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» на 2016–2020 годы. – Звездный городок, 2016.
- [4] Жохов А.И., Игнатьев С.В. К вопросу о создании информационной системы сопровождения работ и тренировок, выполняемых на тренажерах ПКА // X Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»: Сб. тезисов. – Звездный городок, 2013.
- [5] Жохов А.И. Опыт создания и использования информационной системы сопровождения работ и тренировок, выполняемых на тренажерах ПКА // XI Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»: Сб. тезисов. – Звездный городок, 2015.
- [6] Жохов А.И., Греков Н.С. Использование информационных технологий для сбора и анализа результатов тренировок по ручной стыковке ПКА на тренажерах «Телеоператор» и «Дон-Союз ТМА» // XI Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»: Сб. тезисов. – Звездный городок, 2015.
- [7] Ext JS 4 Web Application Development Cookbook / Andrew Duncan, Stuart Ashworth. – Packt Publishing, 2012.
- [8] Ext JS 6 By Example. Create powerful, real-world web applications with Ext JS 6 using sample projects / Anand Dayalan. – Packt Publishing, 2015.

УДК 629.78.048

СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОМОДУЛЬНОГО ОБИТАЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

С.Ю. Романов, А.П. Елчин, А.С. Гузенберг

Канд. техн. наук С.Ю. Романов; А.П. Елчин; канд. техн. наук А.С. Гузенберг
(ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва)

В статье рассмотрены принципы построения систем вентиляции многомодульных обитаемых космических комплексов (МОКК) и предложена методика выбора параметров системы вентиляции и оценки их влияния на динамику изменения концентраций составляющих газовой среды в герметичных отсеках МОКК. Показано, что характеристики межмодульной вентиляции в первую очередь определяются необходимостью поддержания требуемых концентраций диоксида углерода (CO_2) и водяного пара и необходимостью обеспечения их приемлемых перепадов концентраций между местами выделения (выброса) и местами размещения средств их удаления из газовой среды.

Ключевые слова: космический комплекс, вентиляция, экипаж, диоксид углерода, водяной пар, микропримеси, концентрация, регенерация.

Ventilation System of a Multimodule Habitable Space Complex as a Connecting Link Between Systems of the Life Support Regeneration Complex.

S.Yu. Romanov, A.P. Elchin, A.S. Guzenberg

The paper discusses the architecture of ventilation systems for Multimodule Habitable Space Complexes (MHSCs) and proposes the method for identifying parameters of the ventilation system and evaluating their effects on the time profiles of concentrations of atmospheric components in pressurized compartments of MHSC. It demonstrates that inter-module ventilation parameters are primarily driven by the need to maintain the required concentration levels of carbon dioxide (CO_2) and water vapor and by the need to provide acceptable gradients of their concentrations between locations where they are released and locations where the equipment for their removal is installed.

Keywords: space complex, ventilation, crew, carbon dioxide, water vapor, trace contaminants, concentration, regeneration.

Введение

В условиях космического полета экипаж находится в замкнутом герметичном объеме, в котором обеспечивается искусственная среда обитания, заменяющая земную биосферу. Наличие экипажа, поглощающего кислород и выделяющего большое число различных газообразных веществ, приводит к изменению состава газовой среды в зоне его пребывания. Ситуация усугубляется ввиду выделения вредных микропримесей имеющимися конструкционными материалами и некоторыми техническими системами. Размещение в каждом модуле или отсеке МОКК всех средств регенерации, кондиционирования и очистки газовой среды, необходимых для восстановления необходимых физиологически комфортных параметров газовой среды, экономически нецелесообразно и, как правило, невозможно. Для восстановления необходимого состава газовой среды и его равномерности в объемах МОКК требуется обеспечить доставку выделенных примесей к местам размещения средств регенерации, кондиционирования и очистки, что и обеспечивается системой вентиляции.

Как правило, параметры систем вентиляции первых космических станций выбирались из условия обеспечения комфортного теплового режима газовой среды. Появление многомодульных станций потребовало изменить этот подход. В процессе их длительной эксплуатации существенно изменяется как интенсивность выделения вредных примесей, так возможны и разовые выбросы вредных веществ в газовую среду. Это приводит к постоянному изменению их концентраций в отсеках, что определяет необходимость проектного анализа максимальных концентраций в зависимости от характеристик системы вентиляции. В настоящей статье рассмотрены различные виды вентиляции, определены диапазоны расходов газовой среды, характерные для каждого вида вентиляции, подходы к выбору расходов газовой среды, задачи и требования к организации вентиляции герметичных объемов МОКК с точки зрения обеспечения приемлемой неоднородности состава и максимально допустимых концентраций составляющих газовой среды, представлена методика и проведен расчетно-теоретический анализ системы вентиляции МОКК как связующего звена систем регенерационного комплекса жизнеобеспечения [1].

Задачи и организация вентиляции герметичных объемов МОКК

Система вентиляции, помимо функций охлаждения бортовой аппаратуры и экипажа и транспортировки поступившей в газовую среду тепловой энергии к теплообменным агрегатам, где происходит ее охлаждение до заданной температуры, традиционно выполняет и другие важнейшие функции:

- перемешивание газовой среды для снижения неоднородности концентраций газов и микропримесей, температуры и влажности по всему объему герметичных отсеков МОКК;
- создание необходимых скоростей движения газовой среды;
- транспортировку газовой среды к средствам регенерации и кондиционирования, к средствам очистки от пыли и микробной загрязненности.

Таким образом, система вентиляции является объединяющей для систем комплекса жизнеобеспечения, особенно в МОКК.

Типовая схема вентиляции герметичного модуля пилотируемого космического аппарата представлена на рисунке 1 и включает четыре уровня (вида) вентиляции:

- межмодульную вентиляцию (G_m) – для снижения разности концентраций составляющих газовой среды в различных модулях и для транспортировки газовой среды в модули, имеющие средства регенерации и/или кондиционирования;
- внутримодульную вентиляцию ($G_{жз}$, $G_{пз}$) – для перемешивания газовой среды в модуле с целью снижения градиентов концентраций ее составляющих;
- продувку газовой среды через системы регенерации, кондиционирования и/или очистки ($G_{оч}$);
- локальную вентиляцию (G_l) – для решения частных задач (комфортную, обдув приборов, сушка скафандров, нагрев газовой среды и т.п.).

Основной характеристикой вентиляции является расход газовой среды, который определяет количество переносимых газов, газовых микропримесей, водяного пара, тепла. Поэтому одной из основных задач, решаемых при проектировании системы вентиляции МОКК, является определение расходов газовой среды, необходимых для создания допустимого поля концентраций в модулях МОКК при всевозможных полетных ситуациях (включая нештатные).

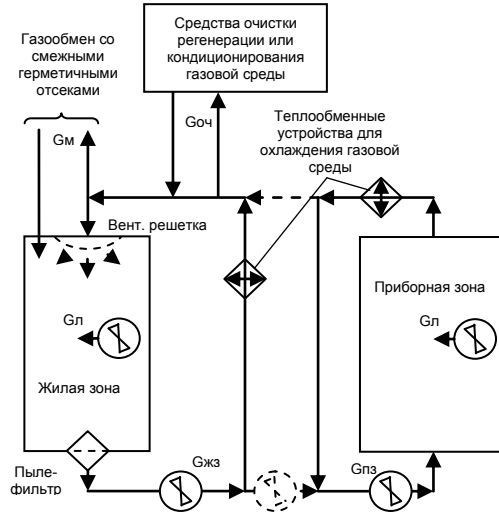


Рис. 1. Общая схема вентиляции герметичного модуля

Определение объемных расходов газовой среды системы вентиляции по стационарным концентрациям газовых примесей

Для пилотируемых космических аппаратов расходы газовой среды не могут быть произвольными. Допустимые внутримодульные и межмодульные расходы газовой среды определяются физиологическими особенностями организма человека (экипажа) и вычисляются из допустимых скоростей движения и неравномерности температур газовой среды с использованием неравенств:

$$G_{жз}/(F_{жз})^{max} \geq (V_{жз})^{min}, \quad G_{жз}/(F_{жз})^{min} \leq (V_{жз})^{max},$$

$$(G_{пз})_i/(F_{пз})_i^{max} \geq (V_{пз})^{min}, \quad (Q_{жз})^{max}/(G_{жз} \cdot \rho^{min} \cdot C_p) \leq (\Delta t_{жз})^{max},$$

$$(t_{пз})^{max} + (Q_{пз})_i^{max}/[(G_{пз})_i \cdot \rho^{min} \cdot C_p] \leq (t_{пз})^{max},$$

$$(G_M)^{min}/F_{люк} \geq (V_{жз})^{min}, \quad (G_M)^{max}/F_{люк} \leq (V_{жз})^{max},$$

где F – площади сечения жилой и приборных зон перпендикулярно движению газовой среды, Q – тепловыделение, поступающее в газовую среду, t , Δt , ρ и C_p – температуры, перепады температур, плотность и теплоемкость газовой среды, $(V_{жз})^{max} = 0,20$ м/с, $(V_{жз})^{min} = (V_{пз})^{min} = 0,05$ м/с – максимально и минимально допустимые скорости движения газовой среды.

В статической постановке задачи для модулей размерности служебного модуля МКС получены следующие ограничения объемного расхода газовой среды:

- внутримодульный расход $G_{жз} = 860-2160$ м³/час – при организации продольного и $G_{жз} = 1980-5760$ м³/час – при организации поперечного движения газовой среды в жилой зоне (при $F_{жз} = 3-4$ м² и $F_{жз} = 8-11$ м² соответственно);
- межмодульный расход $G_M = 90-360$ м³/час и $G_M = 141-565$ м³/час – для люков диаметром (в свету) 0,8 м и 1,0 м соответственно.

Полученные результаты показывают, что внутримодульный расход всегда на порядок превышает межмодульный и обеспечивает равномерность концентраций в объеме модуля, достаточную, чтобы в дальнейших расчетах не учитывать распределение концентраций по объему каждого модуля.

Определение межмодульного газообмена, исходя из требований охлаждения газовой среды за счет переноса тепла из одного модуля в другой нецелесообразно, так как указанные расходы гарантируют, как правило, передачу незначительных тепловых потоков по сравнению с общим тепловыделением в модулях.

В общем случае при равновесном состоянии газовой среды в отдельном единичном герметичном модуле количество выделяемой примеси источниками $q_{и}$ должно быть равно количеству удаляемой примеси:

$$q_{и} = G_{оч} \cdot (C_{вх} - C_{вых}). \quad (1)$$

Из этого условия были получены зависимости равновесной концентрации C_p примеси от расхода газовой среды $G_{оч}$ через систему очистки (регенерации) при полном удалении примеси системой очистки:

$$C_p = q_{и}/G_{оч} \quad (2)$$

и при частичном удалении примеси системой очистки (очистка с «проскоком»):

$$C_p = q_{и}/[G_{оч} \cdot (1 - k)], \quad (3)$$

где $k = C_{вых}/C_{вх}$ – коэффициент интегрального проскока (средняя интегральная величина проскока за ограниченный промежуток времени), $C_{вх}$, $C_{вых}$ – безразмерные объемные концентрации примеси на входе и выходе системы очистки.

Особенностью систем удаления влаги из газовой среды в теплообменниках-конденсаторах является постоянная концентрация паров воды в газовой среде на выходе из системы очистки. Для этого случая получена разновидность зависимости равновесной концентрации паров воды от расхода газовой среды через систему очистки (кондиционирования):

$$C_p = C_{вых} + q_{и}/G_{оч}. \quad (4)$$

Полученные зависимости говорят о том, что равновесная объемная концентрация примеси в газовой среде модуля (к которой система стремится в каждый момент времени) зависит только от интенсивности выделения примеси и расхода газовой среды через систему очистки и не зависит от объема модуля. Чем меньшую концентрацию примеси требуется поддерживать, тем больше должен быть расход газовой среды. Таким образом, для очистки газовой среды в модуле необходимо при проектировании системы вентиляции выполнить два условия: 1) определить и подвести необходимый расход газовой среды к системе очистки, и 2) обеспечить необходимую эффективность системы очистки по удалению данной примеси.

Расходы газовой среды через используемые на МКС системы удаления диоксида углерода соответствуют получаемым по приведенным формулам. Российская система «Воздух» для поддержания концентрации не более 6 мм рт. ст. (при экипаже 6 человек) имеет номинальный расход 27 м³/ч, а американская система для поддержания концентрации 5,3 мм рт. ст. (при экипаже 7 человек) имеет номинальный расход 35 м³/ч. Полученные расходы на ~2,5 порядка меньше

расходов внутримодульной вентиляции, что подтверждает допущение о полном перемешивании газовых примесей в модулях и позволяет не учитывать изменение их концентраций по объему модулей.

Количество примеси $q_{п}$, переносимой межмодульной вентиляцией из модуля, в котором имеется выделение примеси и отсутствуют системы ее удаления (концентрация примеси C_1), в модуль с установленными системами очистки, где концентрация ниже на ΔC ($C_0 = C_1 - \Delta C$), определяется зависимостью, аналогичной (1):

$$q_{п} = G_{м} \cdot (C_1 - C_0) = G_{м} \cdot \Delta C. \quad (5)$$

Отсюда может быть определен расход межмодульной вентиляции $G_{м} = q_{п} / \Delta C$, где ΔC – перепад концентраций примеси в газовой среде между модулем, в котором нет систем удаления примесей, и модулем, в котором они установлены.

Проведенный анализ позволил определить максимально допустимые перепады концентрации ΔC между модулями для водяного пара, кислорода, диоксида углерода и многочисленных вредных микропримесей, необходимые для перемешивания и транспортирования выделяющихся газовых примесей к средствам их удаления, размещенным в других модулях МОКК, а поступающего кислорода – к экипажу, при условии обеспечения их ПДК. Эти данные были использованы для определения необходимых минимальных величин расхода межмодульного газообмена $G_{ми} = q_{пi} / \Delta C_i$ по каждой газовой составляющей. Наибольшие значения необходимого расхода были получены для диоксида углерода и водяного пара $30,3 \text{ м}^3/\text{час}$ ($8,4 \text{ л/с}$) и $21 \text{ м}^3/\text{час}$ ($5,8 \text{ л/с}$) соответственно, которые и являются определяющими при выборе расхода межмодульной вентиляции.

Из опыта эксплуатации орбитальной станции «Мир» на реальной многомодульной станции возможна так называемая рециркуляция газовой среды в межмодульной вентиляции, когда часть потока (до ~20 %) газовой среды не возвращается в модуль с установленными системами очистки, а снова отправляется в модуль, где систем очистки нет. С учетом этого факта было рекомендовано увеличение межмодульного расхода по сравнению с полученными расчетными значениями до величины $36,0 \text{ м}^3/\text{час}$ (10 л/с) на одного члена экипажа, что обеспечит стационарный перепад концентраций между модулями не более $0,5 \text{ мм рт. ст.}$ по диоксиду углерода и не более $2,0 \text{ г/м}^3$ по водяному пару.

Для определения параметров систем удаления примесей и межмодульной вентиляции недостаточно их расчета при стационарных условиях, так как полетные ситуации в каждый конкретный момент времени отличаются множеством параметров:

- размещением членов экипажа по модулям и отсекам;
- уровнем поглощения кислорода, выделения диоксида углерода, вредных примесей (микропримесей), водяного пара и тепловой энергии в зависимости от меняющегося уровня физической нагрузки различных членов экипажа;
- работой и производительностью тех или иных систем очистки, регенерации и кондиционирования газовой среды в различных модулях;
- нештатными ситуациями с выбросами вредных примесей в газовую среду с различной интенсивностью (повышенные температуры, пожар, разгерметизация магистралей, нештатная работа арматуры и т.п.).

Концентрации всех составляющих газовой среды космического аппарата и их перепады между модулями постоянно изменяются, стремясь к равновесному состоянию, различному для каждой полетной ситуации, и, как правило, не достигая его. В связи с этим, необходимо уточнение полученного выше значения межмодульного расхода по нестационарным концентрациям и нестационарному перепаду концентраций между модулями таким образом, чтобы перепад концентраций был бы равен или меньше максимально допустимого, а значения изменяющихся концентраций всех контролируемых составляющих газовой среды во всех модулях космического комплекса не превышали предельно допустимых концентраций (ПДК).

Математический аппарат для моделирования вентиляции и очистки атмосферы МОКК по нестационарным концентрациям газовых примесей

Рассмотрим динамику изменения концентрации газовой примеси в газовой среде одного герметичного модуля МОКК, имеющего газообмен с другими модулями. На рисунке 2 представлена расчетная схема вентиляции модуля МОКК. На рисунке обозначено: V – объем модуля; C – безразмерная объемная концентрация примеси в газовой среде модуля; $q_{и}$ – интенсивность выделения примеси в модуле (экипажем или другими источниками).

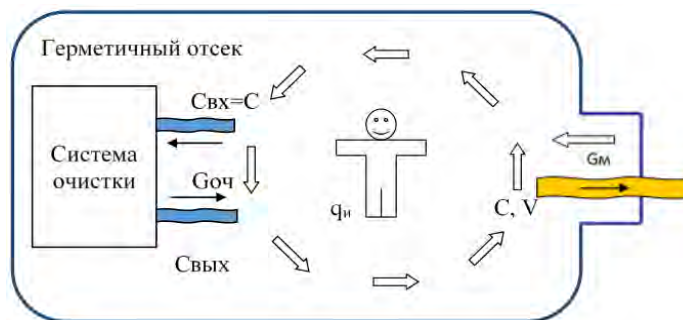


Рис. 2. Очистка газовой среды модуля МОКК от примеси

Для данной расчетной схемы было получено дифференциальное уравнение (6) для концентрации рассматриваемой примеси (при условии, что потоков межмодульной вентиляции $G_{мi}$, связывающих рассматриваемый модуль с соседними, несколько):

$$\frac{dC}{dt} + \frac{G_{\Sigma}}{V} \cdot C = \frac{q_{\Sigma}}{V} \quad (6)$$

где выражения для параметров:

$$G_{\Sigma} = G_0 \cdot (1 - k) + \sum_{i=1}^n G_{мi}; \quad q_{\Sigma} = q_{и} + \sum_{i=1}^n (G_{мi} \cdot C_{пi}),$$

или вариант для систем кондиционирования, основанных на тепловых методах удаления паров воды:

$$G_{\Sigma} = G_0 + \sum_{i=1}^n G_{M_i}; \quad q_{\Sigma} = q_{и} + \sum_{i=1}^n (G_{M_i} \cdot C_{п_i}) + G_0 \cdot C_{вых}$$

Здесь $C_{п_i}$ – концентрации примеси в потоках межмодульной вентиляции, поступающих из соседних модулей.

Для уравнения (6), согласно [2, стр. 717, формула А], получено решение:

$$C(t_{j+1}) = C_{p_j} + (C(t_j) - C_{p_j}) \cdot e^{-G_{\Sigma} \cdot (t_{j+1} - t_j) / V}; \quad C_{p_j} = q_{\Sigma} / G_{\Sigma}. \quad (7)$$

Данное решение (7) справедливо, если q_{Σ} является константой для расчетного периода. При анализе было показано, что относительная погрешность расчетов по формулам (7) в условиях меняющихся концентраций примесей в соседних модулях не превышает 3,6 % при выполнении условия $t_{j+1} - t_j \leq 120$ с, что приемлемо для практических расчетов. Для примера на рисунке 3 приведен график изменения относительной погрешности расчета концентрации диоксида углерода для модели, состоящей из двух отсеков. Погрешность расчета возрастает до 3,6 % на непродолжительное время после изменения размещения экипажа из трех человек в моменты времени 6 ч и 18 ч по отсекам. В остальное время относительная погрешность не превышает 1,5 %.

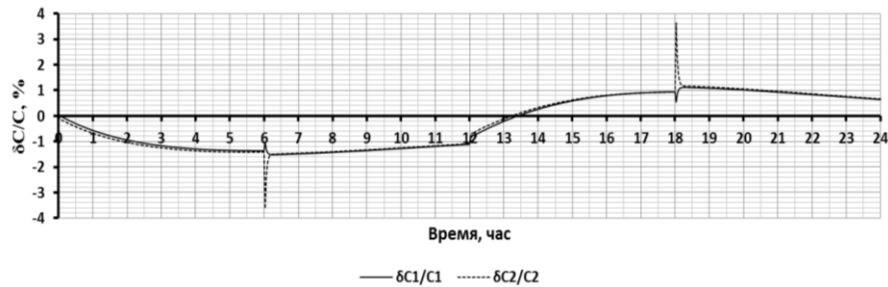


Рис. 3. Относительная погрешность расчета концентраций

Если проводить расчет изменения средней концентрации для единого объема всех модулей, то формулы (7) упрощаются и преобразуются в формулы (8):

$$G_{\Sigma} = G_0 \cdot (1 - k); \quad q_{\Sigma} = q_{и};$$

$$C_p = q_{и} / G_{\Sigma}; \quad C = C_p + (C_0 - C_p) e^{-(G_{\Sigma} \cdot t / V)}. \quad (8)$$

В данном случае q_{Σ} не зависит от концентрации примеси в смежных модулях, и уравнения (8) могут быть использованы для любых неограниченных промежутков времени при начальной концентрации $C = C_0$ в момент времени $t = 0$.

В качестве примера на рисунке 4 приведены результаты расчета динамики изменения концентрации диоксида углерода в модуле объемом $V = 50 \text{ м}^3$ для суточного цикла его выделения экипажем из трех человек при работе системы очистки, аналогичной системе «Воздух», используемой на служебном модуле МКС.

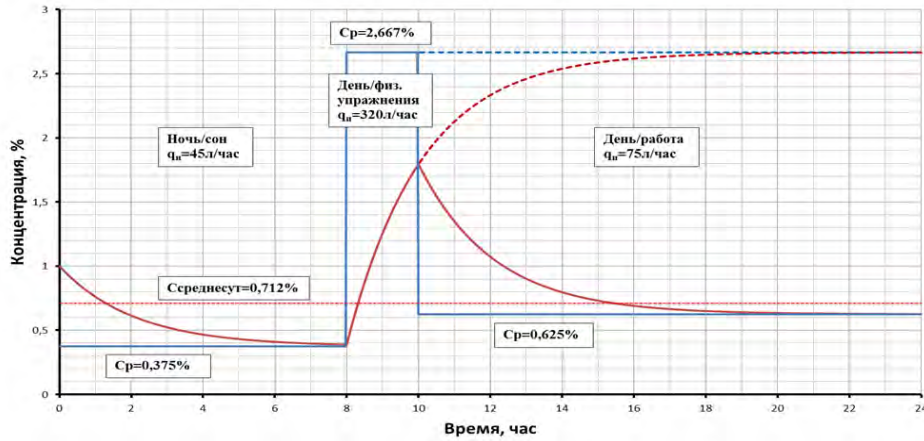


Рис. 4. Пример расчета динамики изменения концентрации диоксида углерода в атмосфере одиночного модуля при экипаже из трех человек

Здесь же дополнительно показано изменение равновесной концентрации диоксида углерода, зависящей от интенсивности его выделения экипажем. В каждом из переходных процессов концентрация примеси в процессе вентиляции и очистки стремится к своему равновесному (стационарному) состоянию.

Исследование вентиляции МОКК по перемешиванию и очистке атмосферы

Для оценки влияния сложной вентиляции МОКК на перемешивание и очистку ее газовой среды было проведено исследование на модели типичного МОКК из 6 модулей, расчетная схема которого приведена на рисунке 5. В качестве газовой примеси рассмотрен диоксид углерода – как определяющий расходы межмодульной вентиляции. Цель исследования – определение закономерностей в формировании перепадов концентрации между атмосферами модулей.

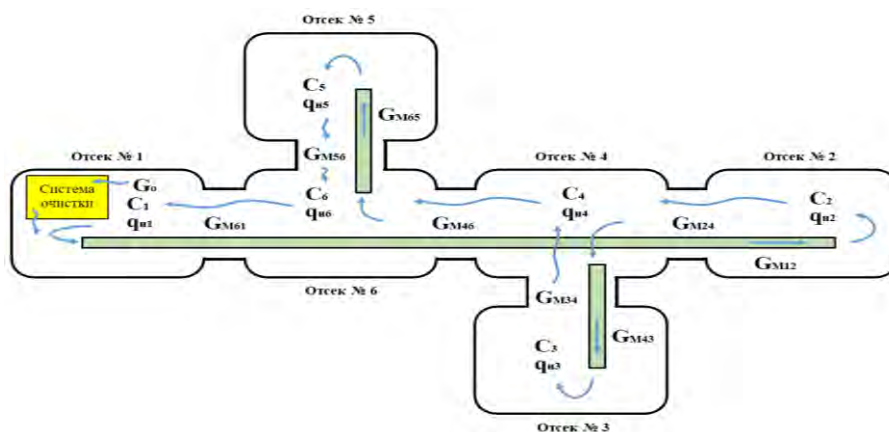


Рис. 5. Расчетная схема типичного МОКК

Пример результата расчета для модели, состоящей из 6 отсеков, представлен на графиках на рисунке 6.

В результате серии математических экспериментов была определена зависимость максимальной концентрации диоксида углерода от увеличения расхода межмодульной вентиляции и от увеличения эффективности работы системы очистки.

На основании проведенного математического исследования поведения газовой примеси (диоксида углерода) в атмосфере модели МОКК удалось получить и подтвердить следующие результаты:

1. В атмосфере модулей при наличии жизнедеятельности практически никогда (кроме сна) не успевают устанавливаться равновесные концентрации газовых примесей.

2. Между атмосферой модулей стремится установиться равновесный перепад концентраций газовых примесей, время установления которого зависит от расхода межмодульной вентиляции и количества выделяемой примеси и не зависит от объемов модулей.

3. Так как минимально допустимый расход межмодульной вентиляции рассчитывается в зависимости от числа членов экипажа, то перемещение членов экипажа из модуля, в котором установлены системы очистки, в другие модули значительно увеличивает перепад концентраций в атмосфере этих модулей по отношению к модулю, где установлены системы очистки.

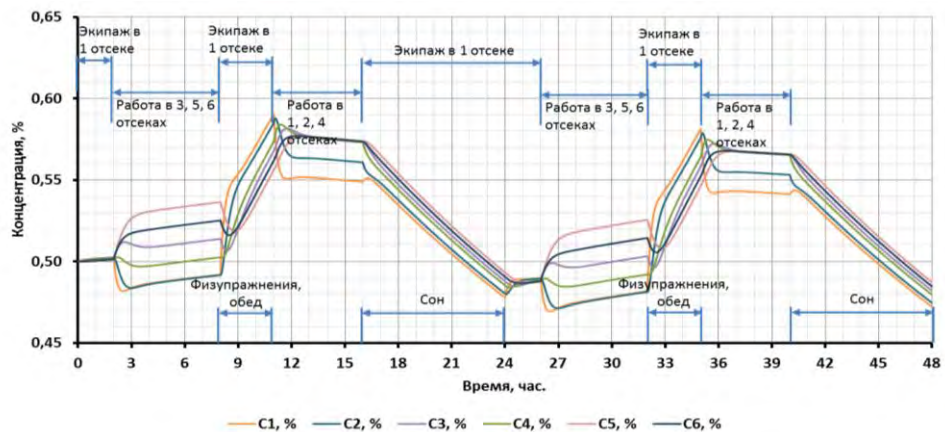


Рис. 6. Изменение концентрации диоксида углерода при работе членов экипажа (3 чел.) в различных модулях

4. В случае если все члены экипажа собираются в одном модуле, не имеющем систем очистки, перепад, стремящийся к равновесному, между этим модулем и модулем, где установлены системы очистки, будет максимальным; этот перепад «делится» на равные части между членами экипажа, и любой член экипажа, перемещаясь в другой модуль, «несет» с собой эту часть перепада концентраций.

5. Перепад концентраций между модулями тем больше, чем дальше по течению газового потока другой модуль отстоит от модуля с установленной системой очистки от исследуемой примеси. Особенно большой перепад концентраций наблюдается между боковыми модулями 3 и 5 и модулем 1, в котором расположена система очистки.

6. Равновесный перепад концентраций для боковых модулей удваивается – один равновесный перепад концентраций относительно модуля, с которым боковой модуль обменивается атмосферой, и второй – за счет перепада между этим обменивающимся модулем и модулем, в котором установлены системы очистки, любой член экипажа «приносит» в боковой модуль свою часть двойного перепада, а установка новых боковых модулей на существующие боковые приводит к очередному увеличению перепада концентраций.

7. Было установлено, что при резком изменении физической нагрузки на экипаж возникает значительный неравновесный перепад концентраций, длящийся несколько часов, величина которого зависит от объема модуля и производительности систем очистки.

8. Имеется выраженный пик концентрации «днем» и падение концентрации «ночью». При этом основную роль играют физические упражнения космонавтов, которые имеют продолжительность обычно до 2,5 часа до обеда и 1 час перед ужином (при этом обычно 1–2 часа физупражнениями занимаются одновременно 2 человека).

9. При современных объемах космических станций на одного человека и системах очистки от диоксида углерода, рассчитанных на среднесуточное выделение диоксида углерода, в модулях станции образуется практически повторяющаяся ежесуточно концентрация диоксида углерода, зависящая от «дня» «ночи» и физических упражнений. Математический эксперимент показал, что процесс перемешивания при межмодульной вентиляции оказывает незначительное влияние на максимальную величину концентрации диоксида углерода. Увеличение расхода межмодульной вентиляции вдвое уменьшает парциальное давление не более чем на $0,1 \text{ мм рт. ст.}$. В то же время, увеличение эффективности системы очистки атмосферы (уменьшение проскока k или увеличение расхода $G_{\text{оч}}$), практически не изменяя перепадов, позволяет значительно уменьшить ее пиковую концентрацию, обеспечивая нормативы ПДК.

Практически это означает, что производительность системы очистки надо определять не по среднесуточному выделению человека, а по среднедневному – без учета сна и с учетом физических упражнений.

Аналогичные расчеты были проведены для модели российского сегмента (РС) МКС (рис. 7). Анализ полученных графиков подтверждает, что при изменении каких-либо условий переходные процессы, связанные с изменением соотношения концентраций примесей в отсеках (модулях), завершаются значительно быстрее, чем процессы, связанные с очисткой газовой среды от примеси. Это связано с тем, что расходы межмодульной вентиляции значительно выше расхода газовой среды через систему очистки и, соответственно, постоянные времени этих процессов значительно меньше постоянной времени очистки газовой среды РС МКС от примеси. Постоянные времени $\tau_1 \dots \tau_8$ для отсеков РС МКС по результатам анализа составили от $0,7 \text{ мин}$ для ПхО СМ до $20,1 \text{ мин}$ для объединенного объема МИМ1 «Поиск» + ГрО ТГК «Прогресс». При этом постоянная времени τ_0 процесса очистки РС МКС от диоксида углерода составила $9,81 \text{ часа}$.

Разница концентраций между модулями по результатам расчетов достигает $0,045 \%$ ($0,35 \text{ мм рт. ст.}$). Если к этой величине добавить расчетную величину перепада, заданную при определении межмодульного расхода, равную $0,5 \text{ мм рт. ст.}$ (см. выше) и учесть коэффициент рециркуляции, мы получим, что перепад концентрации диоксида углерода между модулями может достигать $\sim 1 \text{ мм рт. ст.}$, что необходимо учитывать при анализе его воздействия на экипаж.

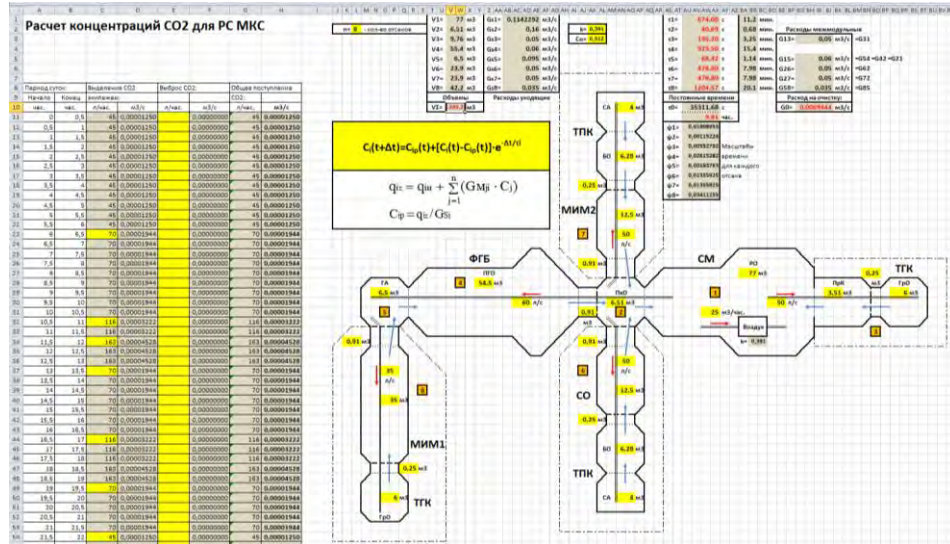


Рис. 7. Модель РС МКС в Excel. Лист с исходными данными

Расчеты можно наглядно продемонстрировать на примере удаления диоксида углерода системой «Воздух», использующейся на российском сегменте МКС.

Параметры системы «Воздух» для МКС выбраны из условия, что система предназначена в штатном режиме обеспечивать удаление диоксида углерода, выделяемого экипажем из трех человек в российском сегменте МКС. При отказе системы удаления на американском сегменте система «Воздух» способна обеспечивать удаление диоксида углерода, выделяемого экипажем из шести человек. При этом поддерживаемая ею концентрация будет ниже ПДК по российскому стандарту.

Результаты, представленные на рисунке 8, показывают, что погоня за снижением концентрации диоксида углерода и доведением ее до уровня, характерного для земной атмосферы (0,23 мм рт. ст.), может привести к существенному (и неоправданному) увеличению массы, электропотребления и объема, занимаемого системой удаления.

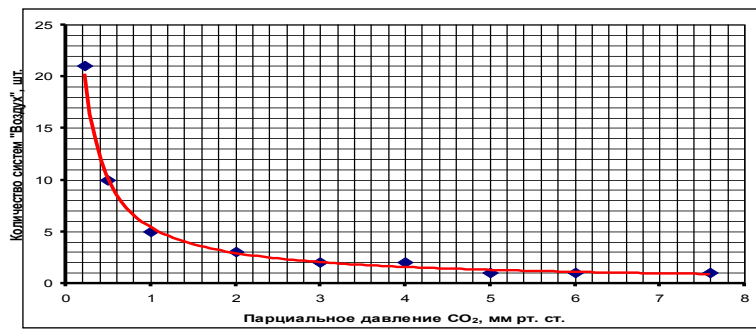


Рис. 8. Зависимость потребного количества систем «Воздух» от поддерживаемого парциального давления диоксида углерода

Экспериментально-расчетное подтверждение данных по межмодульной вентиляции и очистке атмосферы

Проведенный анализ позволил также получить экспериментально-расчетное подтверждение изменения максимального суточного перепада концентрации диоксида углерода в зависимости от объема, приходящегося на одного члена экипажа, и от расхода газовой среды через систему очистки. Полученные графики, показанные на рисунке 9, позволяют дать рекомендации по необходимым расходам систем очистки и объемам обитаемых герметичных модулей и имеют практическое значение для планирования объемов МОКК и средств очистки. Чем больше объем – тем меньше перепад (и пик) концентрации, но тем меньше и величина концентрации за счет очистки. Поскольку нарастание концентрации практически идет по прямой, а ее снижение – по экспоненте, влияние величины объема для понижения концентрации больше, чем влияние величины расхода воздуха через систему очистки.

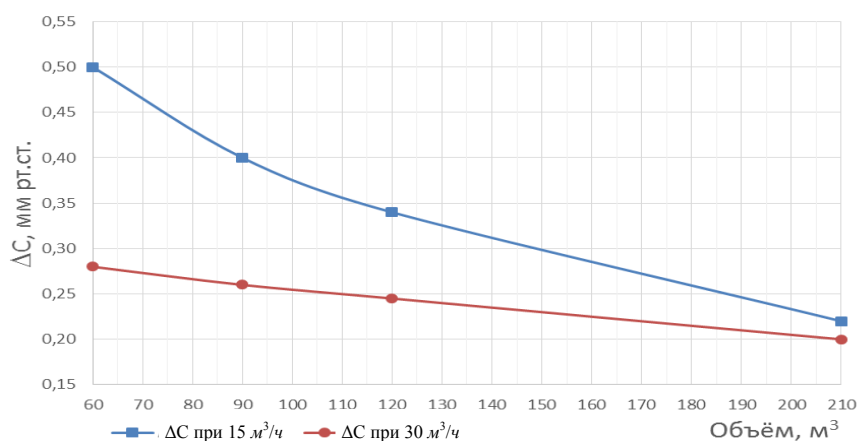


Рис. 9. Максимальный суточный перепад концентраций диоксида углерода в зависимости от объема герметичных модулей при экипаже из 3 человек

Таким образом, мы видим, что при существующем объеме РС МКС $\sim 70 \text{ м}^3$ на одного человека полный максимальный перепад концентраций при работе систем очистки с расходом $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного человека практически одинаков ($\sim 0,20 \text{ мм рт. ст.}$), однако при меньших объемах модулей разница между ними значительно возрастает.

Вентиляция как связующее звено систем регенерации

Известно, что для создания комплекса средств жизнеобеспечения с максимальной степенью замкнутости требуется обеспечить максимальную регенерацию воды из продуктов жизнедеятельности экипажа [3, 4], для чего прежде всего необходимо собрать конденсат (влагу, выделяемую человеком в окружающую атмосферу через легкие и кожу; пары воды, образующиеся при сушке белья и при высыхании пролитой воды) и урину. Для сбора конденсата используются вентиляторы, воздуховоды и конденсаторы системы вентиляции. Исходя из условия экономии массы, энергетики и объема МОКК, средства конденсации обычно расположены не

во всех ее модулях, а только в модулях максимальной жизнедеятельности экипажа. Это приводит к необходимости использования всех видов вентиляции, описанных выше, для транспортировки паров воды из всех модулей МОКК в те модули, где расположены средства кондиционирования газовой среды.

Таким образом, система вентиляции в значительной мере определяет эффективность не только средств обеспечения газового состава, но и средств водообеспечения обитаемых модулей космических объектов, и является связующей и для всех регенерационных систем комплекса жизнеобеспечения.

Заключение

1. Проведен анализ, показавший, что система вентиляции является объединяющей для систем комплекса жизнеобеспечения МОКК. При этом основную роль в вентиляции МОКК играет межмодульная вентиляция, расход которой определяет количество переносимых газов, микропримесей и водяного пара.

2. Получено и аналитически решено уравнение, описывающее изменение концентрации примеси в обитаемом герметичном объеме. Разработан математический аппарат и методика моделирования вентиляции и очистки атмосферы МОКК.

3. Определена величина нестационарных изменений концентраций примесей, возникающих при смене режимов «день–ночь» и связанных, прежде всего, с физическими упражнениями. Величину этого перепада концентраций предложено использовать для уточнения минимально допустимого межмодульного расхода газовой среды.

4. Выявлено, что перепад концентраций примеси в боковых модулях относительно модуля, в котором установлены системы очистки, удваивается по сравнению с модулями, не являющимися боковыми.

5. Показано, что определяющими при выборе расхода межмодульной вентиляции являются диоксид углерода и водяной пар. Рекомендовано производительность системы очистки определять не по среднесуточному (20 л/ч), а по среднесуточному выделению человеком диоксида углерода с учетом физических упражнений (25 л/ч).

6. Рекомендованы расходы воздуха через системы очистки для поддерживаемых в атмосфере МОКК концентраций диоксида углерода.

7. Определен объем газовой среды, который необходимо прокачать через систему очистки для получения необходимой степени очистки атмосферы от примесей.

8. Рекомендована необходимая величина герметичного объема МОКК на одного члена экипажа – не менее 70 м^3 , при котором суточный максимальный перепад концентраций газовых примесей практически не зависит от расхода системы очистки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вредные примеси в атмосфере обитаемых космических станций / Романов С.Ю., Мухамедиева Л.Н., Гузенберг А.С., Микос К.Н. // Известия РАН. Энергетика. – 2006. – № 1. – С. 31–49.
- [2] Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1973. – 872 с.

- [3] Космические системы обеспечения: особенности обеспечения токсической безопасности искусственной среды на многомодульных космических станциях / Романов С.Ю., Телегин А.А., Гузенберг А.С., Юргин А.В., Павлова А.Г. // Инженерная экология. – 2013. – № 2(110). – С. 50–62.
- [4] Романов С.Ю., Бобе Л.С. Построение и энергомассовые характеристики группы регенерационных систем водообеспечения космической станции // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 2(19). – С. 25–34.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

МКС – Международная космическая станция
МОКК – многомодульный обитаемый пилотируемый комплекс
ПЗ – приборная зона
ЖЗ – жилая зона
ПДК – предельно допустимая концентрация
ПхО – переходный отсек
ТГК – транспортный грузовой корабль
РС – российский сегмент МКС
ГрО – грузовой отсек
МИМ – малый исследовательский модуль

УДК 629.78.007:629.73

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЛЕТНЫХ КАЧЕСТВ КОСМОНАВТОВ

В.Г. Сорокин

Канд. воен. наук, доцент В.Г. Сорокин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В настоящее время ни одно из существующих в земных условиях тренажерных средств не может обеспечить моделирование условий, наиболее приближенных к космическому полету. Вместе с тем, космонавт должен быть полностью подготовлен к космическому полету на Земле. Вследствие этого необходимые для выполнения космического полета профессионально важные качества космонавтов вырабатываются разными видами подготовки фрагментарно, в том числе и за счет профессиональных летных качеств, сформированных в процессе специальной летной подготовки. Новые подходы к организации процесса формирования профессиональных летных качеств космонавтов предложены в данной статье.

Ключевые слова: блок, комплекс полетов, космонавты, коэффициент, метод, полет, профессиональные летные качества, процесс, раздел, специальная летная подготовка, упражнение, формирование.

New Approaches to the Organization of the Formation Process of Cosmonauts' Professional Flight Skills. V.G. Sorokin

At present, none of the simulators available on earth can provide modeling the conditions maximum closest to spaceflight conditions. Therewith, the cosmonauts should be completely trained for a space flight on Earth. As a result, the required important professional skills are being formed by means of various training types fragmentarily, including owing to professional flight skills acquired during special flight training. The paper gives new approaches to the organization of the formation process of cosmonauts' professional flight skills.

Keywords: block, complex of flights, cosmonauts, coefficient, method, flight, professional flight skills, process, partition, special flight training, exercise, formation.

Термин «*процесс*» (от лат. *processus* – продвижение) понимается как последовательная смена явлений, состояний в развитии чего-нибудь, либо как совокупность последовательных действий для достижения какого-либо результата [1].

Рассматривая процесс формирования профессиональных летных качеств космонавтов (ПЛКК) как последовательную смену состояний, предполагается развитие знаний, навыков, умений, способствующих выработке профессионально важных качеств, что, в свою очередь, обеспечивает создание ресурса и условий для накопления компетентности в профессиональной деятельности космонавтов [15].

Рассматривая процесс формирования ПЛКК как совокупность последовательных действий для достижения какого-либо результата, предполагается одновременное повышение их уровня и надежности в зависимости от количества и эффективности поэтапно (и в определенной последовательности) выполненных полетов по упражнениям, входящим в комплекс полетов специальной летной подготовки космонавтов (СЛПК) [2, 15].

При этом под комплексом полетов СЛПК подразумевается перечень упражнений, распределенных по разделам и расположенных в очередности прохождения (рис. 1) [2].

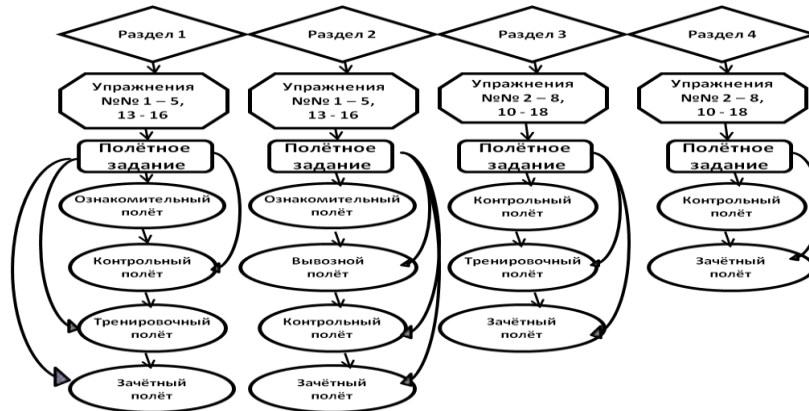


Рис. 1. Комплекс полетов СЛПК

Раздел – основа комплекса полетов СЛПК, представляющая собой систему упражнений для формирования ПЛКК до определенного уровня.

На первом этапе (общекосмическая подготовка) проводится *первоначальная летная подготовка* по разделам 1 и 2 [2, 15].

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

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

На втором этапе (подготовка космонавтов в составе групп специализации и совершенствования) проводится *летная подготовка* по разделам 3 и 4 [2, 15].

Раздел 3: «Летная подготовка космонавтов, имеющих летное образование».

Раздел 4: «Летная подготовка космонавтов, не имеющих летного образования».

Разделы комплекса полетов СЛПК состоят из упражнений (рис. 1) [2].

Упражнение – элемент комплекса полетов СЛПК, представляющий собой систему полетов для формирования ПЛКК до конкретного уровня, зависящего от видов полетов, количества полетов, а также содержания и объема полетного задания на каждый полет. Упражнения состоят из одного или нескольких полетов [13].

Полет – движение летательного аппарата (воздушного судна) от начала взлета до окончания посадки [17, 18]. Полеты классифицируются на вывозные, контрольные (методические), тренировочные, зачетные.

Вывозной полет – полет, выполняемый под непосредственным руководством летчика-инструктора в целях выработки у космонавта необходимых навыков, обеспечивающих безопасное выполнение им контрольных и тренировочных полетов для эффективного формирования ПЛКК [3].

Контрольный (методический) полет – полет, выполняемый с летчиком-инструктором в целях эффективного формирования у космонавта ПЛКК [3].

Тренировочный полет – полет, выполняемый космонавтом, имеющим летное образование, в отсутствии на самолете летчика-инструктора, в целях эффективного формирования и поддержания ПЛКК [3].

Зачетный полет – полет, выполняемый с проверяющим летчиком-инструктором в целях определения уровня формирования ПЛКК у космонавта [3].

Основу полета составляет полетное задание. *Полетное задание* – задание на полет от взлета до посадки, определяемое содержанием каждого упражнения программы СЛПК [13]. Каждое полетное задание имеет собственное содержание, соответствующее содержанию упражнения, или являющееся частью содержания упражнения.

ПЛКК формируются в процессе выполнения космонавтом полетов. Результатом процесса формирования ПЛКК является последовательное достижение космонавтами уровней: первичного, порогового, рационального, оптимального, полного (максимального) [15].

Организация процесса формирования ПЛКК может происходить в условиях достаточного и лимитного финансирования СЛПК.

Условия достаточного финансирования СЛПК определяются использованием комплекса полетов, основанного на выделении конкретного количества летных часов для выполнения комплекса полетов для полного формирования ПЛКК, либо на достижении максимально возможного уровня надежности формирования ПЛКК [15]. Количество летных часов, выделяемых для полного формирования ПЛКК у одного космонавта, может определяться величиной, соразмерной с подготовкой одного курсанта летного университета (от 200 часов налета (от 60–70 часов в год) и более). Максимально возможный уровень надежности формирования ПЛКК, равный 99 %, определяется временными затратами более, чем в 200 часов налета на одного космонавта [15]. Примером достаточного финансирования СЛПК является ее организация в период существования СССР.

Условия лимитного финансирования СЛПК отличаются использованием комплекса полетов, основанного на предельно минимальном количестве полетов по упражнениям для каждого раздела, но, вместе с тем, обеспечивающим формирование ПЛКК до полного (максимального) уровня и формирование надежности до минимально возможного уровня [15].

Таким образом, новые подходы к организации процесса формирования ПЛКК заключаются в использовании комплекса полетов, построенного для условий лимитного (минимально возможного) финансирования СЛПК. В основу построения такого комплекса заложено решение вопроса оптимизации каждого из упражнений, входящих в разделы 1–4 (рис. 1). Оптимизация каждого упражнения возможна лишь при определении «вклада» одного полета в формирование ПЛКК путем расчета процентной доли конкретного полета, вкладываемой в решение этой задачи. При этом условием полного (максимального) формирования ПЛКК является выполнение комплекса полетов СЛПК космонавтами по разделам 1 и 3, либо 2 и 4 (рис. 1).

Это означает следующее. Сумма «вкладов» всех полетов по всем упражнениям по разделам 1 и 3 в сумме должна составлять 100 %. Сумма «вкладов» всех полетов по всем упражнениям по разделам 2 и 4 в сумме должна также составлять 100 %. Использование процентной доли одного полета в объеме соответствующих упражнений и разделов (1 и 3; 2 и 4) позволяет осуществить выбор предельно минимального количества полетов по упражнениям в разделах, в сумме не превышающих 100%-й рубеж. При этом минимум возможных материальных затрат объясняется, с одной стороны, тем, что общая сумма «вкладов» всех полетов по упражнениям комплекса полетов СЛПК по разделам 1, 3 и 2, 4 не выходит за «лимит», определенный в 100 %, с другой – созданием условий полного формирования ПЛКК за счет прохождения полного перечня разнообразных упражнений (№ 2–8, 9–18) [2].

Для определения «вклада» каждого полета каждого упражнения в формирование ПЛКК автором создан алгоритм, показанный на рис. 2.

Для работы с данным алгоритмом использовались общеизвестные теоретические и практические методы исследования: *анalogии* (получение информации о требуемом комплексе полетов с помощью переноса известных сведений о летной подготовке в России и за рубежом в нужную исследователю ситуацию); *корреляционный* (установление исследователем (субъективно) ценовой взаимосвязи между упражнениями комплекса полетов и полетами); *идеализации* (исследование упражнений комплекса полетов как наделенных некими гипотетическими свойствами); *сравнения* (выявление сходства и различия для последующего обобщения); *экспертный* (получение информации о летной подготовке с помощью профессиональных военных летчиков, имеющих летную квалификацию не ниже первого класса).

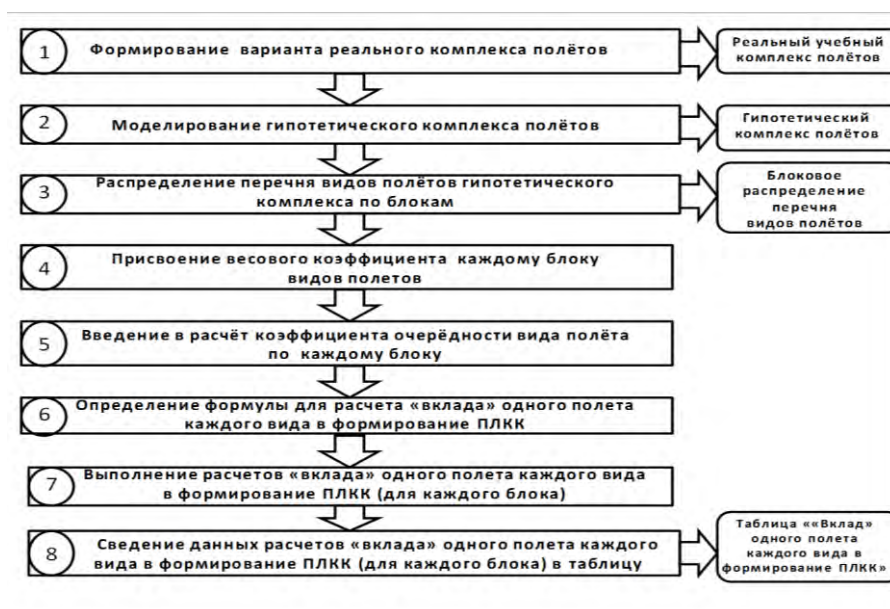


Рис. 2. Алгоритм определения «вклада» каждого полета в формирование ПЛКК

Порядок работы с алгоритмом (рис. 2) следующий.

Первое действие. *Формирование варианта реального комплекса полетов*

С использованием методов аналогии и экспертного определены полный перечень и количество полетов, входящих в реальный комплекс полетов, используемый для подготовки летного состава в различных ведомствах России и некоторых зарубежных странах [3–8, 9–12, 14, 16]. На основе этого построен вариант реального учебного комплекса полетов для подготовки курсантов летных университетов (рис. 3).

Реальный комплекс полетов представляет собой стандартный набор *видов* полетов [17, 18] (стандартность определяется общепринятыми методиками летного обучения в различных ведомствах, занимающихся подготовкой летного состава): по кругу, по маршруту, в зону, днем и ночью, в простых и сложных метеоусловиях, на больших, средних и малых высотах, одиночно и группами.

При этом системность летной подготовки предопределяет ее начало с вывозных и контрольных полетов днем с целью доведения обучаемого до уровня готовности к самостоятельному вылету днем. Для этого требуется до 70 полетов для обучаемых, не имеющих летного образования, и 10–14 полетов (с целью восстановления профессиональных летных качеств) – для обучаемых, имеющих летное образование. После самостоятельного вылета обучаемые закрепляют профессиональные летные качества выполнением определенного количества тренировочных полетов по кругу днем.

Далее летная подготовка проводится в следующих направлениях: контрольные полеты по маршруту днем (несколько полетов); тренировочные полеты по маршруту днем в простых метеоусловиях (ПМУ) (несколько полетов); контрольные полеты в зону днем в ПМУ (несколько полетов); тренировочные полеты в зону днем в ПМУ (несколько полетов). Параллельно или последовательно выполняются контрольные и тренировочные полеты днем в сложных метеоусловиях (СМУ).

Затем выполняются вывозные и контрольные полеты ночью с целью доведения обучаемого до уровня готовности к самостоятельному вылету ночью. Для этого требуется до 50 полетов для обучаемых, не имеющих летного образования, и 6–10 полетов (с целью восстановления профессиональных летных качеств) – для обучаемых, имеющих летное образование. После самостоятельного вылета ночью обучаемые закрепляют профессиональные летные качества выполнением определенного количества тренировочных полетов по кругу ночью.

Следующий этап: контрольные полеты по маршруту ночью (несколько полетов); тренировочные полеты по маршруту ночью в ПМУ (несколько полетов); контрольные полеты в зону ночью в ПМУ (несколько полетов); тренировочные полеты в зону ночью в ПМУ (несколько полетов). Последовательно выполняется определенное количество контрольных и тренировочных полетов ночью в СМУ.

Параллельно или последовательно с летной подготовкой днем и ночью выполняются контрольные и тренировочные полеты на пилотаж, в составе пары, по дублирующим приборам и т.д., днем и ночью.

Таким образом, подготовка летчика (например, до уровня выпускника из высшего военного учебного заведения) является долговременным (не менее 200 часов налета, несколько сотен полетов) и дорогостоящим (до 50 миллионов рублей на одного обучаемого) процессом.

Вместе с тем, с учетом того, что, применительно к подготовке космонавта, необходимо решить задачу формирования ПЛКК, а не подготовить специалиста-летчика, процесс СЛПК можно значительно сократить. До какой степени можно сократить процесс СЛПК поможет определить *гипотетический комплекс полетов*, прежде всего, вычислением суммарного летного времени, отводимого на него. Под гипотетическим комплексом полетов понимается некоторый абстрактный набор полетов, сформированный в результате процесса идеализации; существование этого комплекса выведено логически, но доказательств его реальности не имеется.

Второе действие. Моделирование гипотетического комплекса полетов

С использованием метода идеализации составлен гипотетический комплекс полетов. Этот комплекс построен путем исключения полетов на совершенствование летных навыков специалиста-летчика (на рис. 3 обозначены пунктирными линиями). Гипотетический комплекс полетов представляет собой стандартный набор основных упражнений, но без вывозной программы, а также с предельно минимальным набором контрольных полетов (в реальном обучении такое количе-

ство контрольных полетов невозможно – из условий безопасности летной деятельности курсанта-летчика). То есть, гипотетический комплекс полетов по содержанию является оптимальным, так как охватывает все виды полетов, которые должен освоить обучаемый летчик, но для реальной летной подготовки курсанта-летчика такого комплекса быть не может (из-за того, что количество полетов по каждому из видов равно 1–2, что недопустимо мало). Вместе с тем, для формирования профессиональных летных качеств у специалистов летного состава, не участвующих в непосредственном (профессиональном) управлении летательным аппаратом, этот комплекс, возможно, мог бы быть полезен, если бы существовал в реальности.

Принятые условия для построения гипотетического комплекса полетов [3]:

а) полетное время (t) определено методикой летного обучения для полетов: по кругу равно 0,25 ч (15 мин); в зону равно 0,66 ч (40 мин); по маршруту равно 0,66 ч (40 мин);

б) по кругу предусмотрены по два полета (определено методикой летного обучения);

в) полетов в зону на пилотаж (на средних и больших высотах, днем и ночью) предусмотрено по два: первый – на простой пилотаж, второй – на сложный пилотаж (определено методикой летного обучения);

г) полетов пары в зону и полетов на сближение и расхождение предусмотрено по два (определено методикой летного обучения): первый – в качестве ведущего, второй – в качестве ведомого;

д) всех остальных полетов предусмотрено по одному.

Сформированный гипотетический комплекс полетов показан в таблице 1.

Исходя из результатов расчета данных, сведенных в таблицу 1, суммарное летное время (T), отводимое на гипотетический комплекс полетов, равно 25 часам.

Третье действие. *Распределение перечня видов полетов гипотетического комплекса по блокам*

С использованием метода аналогии выполнено распределение перечня видов полетов, образующих гипотетический комплекс (таблица 1), по блокам: блок Q (полеты по кругу); блок G (полеты по маршруту); блок D (полеты в зону); блок Z (специальный блок).

Скомпонованный по блокам перечень полетов гипотетического комплекса показан на рис. 4.

Четвертое действие. *Присвоение весового коэффициента каждому блоку видов полетов*

С использованием методов сравнения, корреляционного и экспертного выполнено определение весового коэффициента каждого блока ($K_{об}$) по показателю степени важности. Сущность этого действия состоит в том, что каждому из четырех блоков (рис. 4) присваивается весовой коэффициент, равный 1, или 2, или 3, или 4, в зависимости от степени важности: *чем важнее блок, тем выше коэффициент*. Четырехбалльная система определена из того, что блоков всего четыре. Степень важности определена иерархически. То есть, применительно к СЛПК важнее тот блок, который идет впереди последующего в самом начале. Первыми видами полетов (не считая ознакомительного полета в зону) должны быть полеты по кругу (это определено методикой летного обучения). Следующие два вида полетов – полеты по маршруту и в зону, соответственно.

Таблица 1

Гипотетический комплекс полетов

№ п/п	Вид полета	Время, мин
1	Полёт по кругу днём (два полёта)	30
2	Тренировочный полёт по кругу днём (два полёта)	30
3	Полёт по кругу днём в облаках (два полёта)	30
4	Тренировочный полёт по кругу днём в облаках (два полёта)	30
5	Полёт по кругу ночью (два полёта)	30
6	Тренировочный полёт по кругу ночью (два полёта)	30
7	Полёт по кругу ночью в облаках (два полёта)	30
8	Тренировочный полёт по кругу ночью в облаках (два полёта)	30
9	Полёт по кругу днём на малой высоте (два полёта)	30
10	Полёт по кругу ночью на малой высоте (два полёта)	30
11	Полёт по маршруту днём	40
12	Полёт по маршруту ночью	40
13	Тренировочный полёт по маршруту днём	40
14	Тренировочный полёт по маршруту ночью	40
15	Полёт по маршруту днём в облаках;	40
16	Тренировочный полёт по маршруту днём в облаках	40
17	Полёт по маршруту ночью в облаках	40
18	Тренировочный полёт по маршруту ночью в облаках	40
19	Полёт по маршруту днём на малых высота	40
20	Тренировочный полёт по маршруту днём на малых высотах	40
21	Полёт в зону днём	40
22	Полёт в зону днём в облаках	40
23	Тренировочный полёт в зону днём в облаках	40
24	Полёт в зону ночью в облаках	40
25	Тренировочный полёт в зону ночью в облаках	40
26	Полёт в зону на пилотаж днём (два полёта – на простой и сложный пилотаж)	80
27	Тренировочный полёт в зону на пилотаж днём (два полёта – на простой и сложный пилотаж)	80
28	Полёт в зону на пилотаж ночью (два полёта – на простой и сложный пилотаж)	80
29	Полёт в зону на пилотаж на малой высоте днём	40
30	Полёт в зону на малой высоте ночью	40
31	Полёт пары в зону днём (два полёта – ведущим и ведомым)	80
32	Полёт на сближение и расхождение днём (два полёта – ведущим и ведомым)	80
33	Полёт по дублирующим приборам днём	40
34	Полёт по дублирующим приборам ночью	40
35	Полёт с заходом на посадку с задросселированным двигателем	40
Итого		1500 (25 час)

Таким образом, СЛПК начинается с полетов по кругу (ознакомительный полет в зону в расчет не берется). Значит, блоку Q (рис. 4) присваивается $K_{об}$, равный 4. Дальнейшее продвижение по упражнениям СЛПК осуществляется полетами по маршруту. Значит, блоку G (рис. 4) присваивается $K_{об}$, равный 3. Затем выполняются полеты в зону. Значит, блоку D (рис. 4) присваивается $K_{об}$, равный 2. Блоку Z (рис. 4) присваивается $K_{об}$, равный 1.

Блок «Q»	Блок «D»
Q ₁ – контрольный полёт по кругу днём;	D ₁ – контрольный полёт в зону днём;
Q ₂ – тренировочный полёт по кругу днём;	D ₂ – контрольный полёт в зону днём в облаках;
Q ₃ – контрольный полёт по кругу днём в облаках;	D ₃ – тренировочный полёт в зону днём в облаках;
Q ₄ – тренировочный полёт по кругу днём в облаках;	D ₄ – контрольный полёт в зону ночью в облаках;
Q ₅ – контрольный полёт по кругу ночью;	D ₅ – тренировочный полёт в зону ночью в облаках;
Q ₆ – тренировочный полёт по кругу ночью;	D ₆ – контрольный полёт в зону на пилотаж днём;
Q ₇ – контрольный полёт по кругу ночью в облаках;	D ₇ – тренировочный полёт в зону на пилотаж днём;
Q ₈ – тренировочный полёт по кругу ночью в облаках;	D ₈ – контрольный полёт в зону на пилотаж ночью;
Q ₉ – контрольный полёт по кругу днём на малой высоте;	D ₉ – контрольный полёт в зону на пилотаж на малой высоте днём;
Q ₁₀ – контрольный полёт по кругу ночью на малой высоте.	D ₁₀ – контрольный полёт в зону на малой высоте ночью.
Блок «G»	Блок «Z»
G ₁ – контрольный полёт по маршруту днём;	Z ₁ – контрольный полёт пары в зону днём;
G ₂ – контрольный полёт по маршруту ночью;	Z ₂ – контрольный полёт на сближение и расхождение днём;
G ₃ – тренировочный полёт по маршруту днём;	Z ₃ – контрольный полёт по дублирующим приборам днём;
G ₄ – тренировочный полёт по маршруту ночью;	Z ₄ – контрольный полёт по дублирующим приборам ночью;
G ₅ – контрольный полёт по маршруту днём в облаках;	Z ₅ – контрольный полёт с заходом на посадку с задросселированным двигателем.
G ₆ – тренировочный полёт по маршруту днём в облаках;	
G ₇ – контрольный полёт по маршруту ночью в облаках;	
G ₈ – тренировочный полёт по маршруту ночью в облаках;	
G ₉ – контрольный полёт по маршруту днём на малых высотах;	
G ₁₀ – тренировочный полёт по маршруту днём на МВ.	

Рис. 4. Перечень видов полетов гипотетического комплекса, скомпонованный по блокам

Пятое действие. Введение в расчет коэффициента очередности вида полета по каждому блоку

С использованием метода сравнения вводится в расчет коэффициент очередности вида полета (n) в соответствующем блоке (рис. 4). Введение этого коэффициента обусловлено тем, что виды полетов в блоках установлены иерархически – то есть по принципу «от простого к сложному».

При этом очередность вида полета определяется некоторым шагом важности. Использование корреляционного метода позволило выбрать величину шага важности между соседними видами полетов, колеблющуюся в пределах 0,1–0,3. Использование экспертного метода позволило уточнить, что наиболее приемлема величина шага важности, равная 0,3.

Коэффициент очередности вида полета для каждого блока (рис. 4) рассчитывается по формуле (1):

$$n = 1 + (0,3m - 0,3), \quad (1)$$

где m – номер вида полета в блоке Q (или G , или D , или Z) (рис. 4).

Шестое действие. Определение формулы для расчета «вклада» одного полета каждого вида в формирование ПЛКК (C)

Использование корреляционного метода позволило выявить зависимость C от $t, K_{\text{сб}}, n, T$ (2):

$$C = f(t, K_{\text{сб}}, n, T). \quad (2)$$

Кроме того, количество полетов (N) в каждом блоке имеет важнейшее влияние на C . Это объясняется тем, что набор видов полетов каждого блока Q, G, D , в отдельности, может представлять собой минимально возможный гипотетический комплекс полетов. То есть, каждый из трех блоков (Q, G, D), при условии их рассмотрения по отдельности как набора видов полетов для формирования минимально возможного гипотетического комплекса (или на основе блока Q , или на основе блока G , или на основе блока D), может обеспечить стопроцентное формирование ПЛКК.

При равном распределении каждого из десяти видов полетов каждого из блоков (Q, G, D) получим среднее значение «веса» некоего количества полетов одного из этих десяти видов полетов (P), равного 10 %. При этом «вес» вида полета является суммой «вкладов» неоднократно выполненных полетов этого конкретного вида. Это означает, что каждый из десяти видов полетов одного из любого выбранного блока, при условии сформирования из них минимально возможного гипотетического комплекса, может принести в формирование ПЛКК 10 %, если этот вид полета будет выполнен определенное количество раз. Количество выполнения полетов конкретного вида для набора $P = 10\%$ зависит от C выбранного блока (или Q , или G , или D).

Использование корреляционного и экспертного методов позволило предположить, что формула для расчета «вклада» одного полета каждого вида в формирование ПЛКК (для каждого блока) может выглядеть следующим образом (3):

$$C = \frac{P K_{\text{сб}} n t}{T}. \quad (3)$$

Седьмое действие. *Выполнение расчетов «вклада» одного полета каждого вида в формирование ПЛКК (для каждого блока)*

Для выполнения расчетов C (для каждого блока) выбраны исходные данные применительно к каждому из блоков Q, G, D : $P = 10\%$; $K_{\text{сб}} = 4$, или 3, или 2, применительно к блокам Q, G, D , соответственно; n – рассчитывается по формуле (1); $t = 0,25$ ч (для полета по кругу) или 0,66 ч (для полетов по маршруту и в зону); $T = 25$ ч. С использованием этих исходных данных выполнены расчеты с применением выражений (1) и (3).

Восьмое действие. *Сведение данных расчетов «вклада» одного полета каждого вида в формирование ПЛКК (для каждого блока)*

Результаты расчетов C по каждому из блоков Q, G, D (рис. 4) показаны в таблице 2.

Применительно к блоку Z (рис. 4) C определялся с использованием экспертного метода, по следующему принципу.

В связи с тем, что прямой взаимосвязи между видами полетов в этом блоке нет (кроме Z_3 и Z_4), но есть косвенная связь с видами полетов блока D , то по формуле (3) определяется не сам «вклад» одного полета в формирование ПЛКК,

Таблица 2

«Вклад» одного полета каждого вида в формирование ПЛКК

№ п/п	Вид полёта	C, %
1	Q ₁ – контрольный полёт по кругу днём	0,4
2	Q ₂ – тренировочный полёт по кругу днём	0,5
3	Q ₃ – контрольный полёт по кругу днём в облака	0,6
4	Q ₄ – тренировочный полёт по кругу днём в облаках	0,7
5	Q ₅ – контрольный полёт по кругу ночью	0,8
6	Q ₆ – тренировочный полёт по кругу ночью	1,0
7	Q ₇ – контрольный полёт по кругу ночью в облаках	1,1
8	Q ₈ – тренировочный полёт по кругу ночью в облаках	1,2
9	Q ₉ – контрольный полёт по кругу днём на малой высоте	1,3
10	Q ₁₀ – контрольный полёт по кругу ночью на малой высоте	1,5
11	G ₁ – контрольный полёт по маршруту днём	0,7
12	G ₂ – контрольный полёт по маршруту ночью	1,0
13	G ₃ – тренировочный полёт по маршруту днём	1,2
14	G ₄ – тренировочный полёт по маршруту ночью	1,5
15	G ₅ – контрольный полёт по маршруту днём в облаках	1,7
16	G ₆ – тренировочный полёт по маршруту днём в облаках	1,9
17	G ₇ – контрольный полёт по маршруту ночью в облаках;	2,2
18	G ₈ – тренировочный полёт по маршруту ночью в облаках	2,4
19	G ₉ – контрольный полёт по маршруту днём на малых высотах	2,6
20	G ₁₀ – тренировочный полёт по маршруту днём на малых высотах	2,9
21	D ₁ – контрольный полёт в зону днём	0,5
22	D ₂ – контрольный полёт в зону днём в облаках	0,6
23	D ₃ – тренировочный полёт в зону днём в облаках	0,8
24	D ₄ – контрольный полёт в зону ночью в облаках	1,0
25	D ₅ – тренировочный полёт в зону ночью в облаках	1,1
26	D ₆ – контрольный полёт в зону на пилотаж днём	1,3
27	D ₇ – тренировочный полёт в зону на пилотаж днём	1,4
28	D ₈ – контрольный полёт в зону на пилотаж ночью	1,6
29	D ₉ – контрольный полёт в зону на пилотаж на малой высоте днём	1,7
30	D ₁₀ – контрольный полёт в зону на малой высоте ночью	1,9
31	Z ₁ – контрольный полёт пары в зону днём	2,0
32	Z ₂ – контрольный полёт на сближение и расхождение днём	2,0
33	Z ₃ – контрольный полёт по дублирующим приборам днём	2,0
34	Z ₄ – контрольный полёт по дублирующим приборам ночью	2,1
35	Z ₅ – контрольный полёт с заходом на посадку с задросселированным двигателем	2,0

а некая «добавка на сложность» – по сравнению с самым сложным видом полета блока D ($D_{10} = 1,9\%$).

При этом набор видов полетов блока Z не может рассматриваться как минимально возможный гипотетический комплекс в связи с повышенной сложностью относительно всех видов полетов блоков Q , G , D . То есть, эти полеты выполняются

после того, как ПЛКК сформированы до оптимального уровня (80 %) [15]. Таким образом, эти пять видов полетов могут обеспечить не более чем 20%-е формирование ПЛКК. При равном распределении каждого из пяти видов полетов блока Z получим среднее значение P , равное 4 %.

«Добавка на сложность» для каждого из видов полетов Z_1, Z_2, Z_3, Z_5 рассчитывалась по формуле (3) для следующих исходных данных: $P = 4$ %; $K_{\text{об}} = 1$; расчет по формуле (1) определяет, что $n = 1$ (так как каждый из этих видов полетов может быть или первым в данном блоке, или единственным); $t = 0,66$ ч; $T = 25$ ч. В соответствии с расчетами «добавка на сложность» относительно вида полета D_{10} к полетам Z_1, Z_2, Z_3, Z_5 равна 0,1 %. Поэтому C каждого из этих видов полетов равен 2,0 %. «Добавка на сложность» для вида полета Z_4 рассчитывалась по формуле (3) для следующих исходных данных: $P = 4$ %; $K_{\text{об}} = 1$; расчет по формуле (1) определяет, что $n = 1,9$ (так как это четвертый, как минимум, полет относительно Z_3 [первый – полет по кругу ночью, второй – полет по маршруту ночью, третий – полет в зону]); $t = 0,66$ ч; $T = 25$ ч. В соответствии с расчетами «добавка на сложность» относительно вида полета D_{10} к виду полета Z_4 равна 0,2 %. Поэтому C равен 2,1 %. Результаты расчетов C применительно к блоку Z показаны в таблице 2.

Рассчитанные C по каждому из блоков позволяют создать их связку с упражнениями СЛПК [2] (таблица 3).

На основании связки упражнений СЛПК с C по каждому из блоков (таблица 3) сформирован комплекс полетов СЛПК, состоящий из четырех разделов (таблицы 4, 5, 6, 7).

Анализ разделов 1 и 3 (таблицы 4, 6) показывает, что общий «вес» упражнений («вес» упражнения – это сумма «вкладов» в формирование ПЛКК всех полетов, входящих в это упражнение) раздела 1 составляет – 18,3 %, раздела 3 – 51,7 %. Таким образом, общий «вес» в формировании ПЛКК всех полетов по всем упражнениям равен 70 %. При учете ПЛКК, сформированных до первичного уровня (30 %) за счет имеющегося летного образования [15], формирование ПЛКК составляет 100 %.

Анализ разделов 2 и 4 (таблицы 5, 7) показывает, что общий «вес» упражнений раздела 2 составляет 29,7 %, раздела 3 – 70,3 %. Таким образом, общий «вес» в формировании ПЛКК всех полетов по всем упражнениям составляет 100 %.

Новые подходы к организации процесса формирования ПЛКК заключаются в поэтапном использовании созданного комплекса полетов СЛПК: разделов 1 и 3 (таблицы 4, 6) и разделов 2 и 4 (таблицы 5, 7). То есть, процесс формирования ПЛКК имеет поэтапный характер. Вначале ПЛКК формируются на этапе общекосмической подготовки (ОКП) – до порогового уровня [15] (у космонавтов, имеющих летное образование) и до первичного уровня [15] (у космонавтов, не имеющих летного образования), затем – до полного (максимального) уровня [15] на этапе подготовки космонавтов в составе групп.

Процессы поэтапного формирования ПЛКК у космонавтов, имеющих летное образование и не имеющих летного образования, показаны на рисунках 5 и 6, соответственно.

Таблица 3

Связка упражнений СЛПК с «вкладами» одного полета каждого вида в формирование ШЛКК

№ п/п	Номер упражнения	Название упражнения СЛПК	Вид полёта	С, %
1	2	Выработка навыков выполнения сложных действий в условиях, приближённых к условиям космического полёта	Контрольный полёт по кругу Днём Тренировочный полёт по кругу Днём Контрольный полёт по кругу ночью	0,4 0,5 0,8
2	3	Выработка навыков выполнения разносторонних многофункциональных действий в условиях, приближённых к условиям космического полёта	Контрольный полёт по маршруту Днём Контрольный полёт по маршруту ночью Тренировочный полёт по маршруту Днём	0,7 1,0 1,2
3	4	Выработка навыков выполнения программных действий при дефиците времени в условиях, максимально приближённых к условиям космического полёта	Контрольный полёт в зону на пилотаж Днём Контрольный полёт в зону на пилотаж ночью	1,3 1,6
4	5	Выработка навыков выполнения сложных программных действий при дефиците времени в условиях, максимально приближённых к условиям космического полёта	Контрольный полёт в зону на пилотаж Днём	1,3
5	6	Выработка навыков выполнения экстренных действий в экстремальных ситуациях в условиях, приближённых к условиям космического полёта	Контрольный полёт по кругу Днём на малой высоте	1,3
6	7	Выработка навыков выполнения разносторонних многофункциональных действий в усложнённых условиях, приближённых к условиям космического полёта	Контрольный полёт по маршруту Днём на малых высотах	2,6
7	8	Выработка навыков выполнения действий при дефиците времени в экстремальной ситуации в условиях, приближённых к условиям космического полёта	Контрольный полёт в зону на пилотаж на малой высоте Днём	1,7
8	13	Выработка навыков выполнения сложных многофункциональных программных действий при дефиците времени в условиях, приближённых к условиям космического полёта, с ведением радиорепортажей	Контрольный полёт по кругу Днём в облака Тренировочный полёт по кругу Днём в облаках Контрольный полёт по кругу ночью в облаках	0,6 0,7 1,1

Окончание таблицы 3

9	14	Выработка навыков выполнения программных действий в экстремальных ситуациях, приближённых к условиям космического полёта, с ведением радиорепортажей	Контрольный полёт по маршруту в Днём в облаках Контрольный полёт по маршруту ночью в облаках;	1,7
10	15	Выработка навыков выполнения программных действий в усложнённых условиях, близких к условиям космического полёта, с ведением радиорепортажей	Контрольный полёт в зону Днём в облаках Тренировочный полёт в зону Днём в облаках Контрольный полёт в зону ночью в облаках	0,6 0,8 1,0
11	16	Выработка навыков выполнения действий в условиях быстроменяющегося положения в пространстве и при отсутствии визуального контроля по наземным ориентирам и небесным светилам	Контрольный полёт по дублирующим приборам Днём Контрольный полёт по дублирующим приборам ночью	2,0 2,1
12	18	Выработка навыков в выполнении действий при имитации стрессовых ситуаций при дефиците времени в условиях, приближённых к условиям космического полёта, с ведением радиорепортажей	Контрольный полёт с заходом на посадку с адресселированным двигателем	2,0
13	10	Выработка навыков маневрирования вблизи «постороннего» объекта в условиях, приближённых к условиям космического полёта, с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей	Контрольный полёт пары в зону Днём	2,0
14	11	Выработка навыков маневрирования вблизи «постороннего» объекта в сложных условиях, приближённых к условиям космического полёта, с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей	Контрольный полёт пары в зону Днём	2,0
15	12	Выработка навыков маневрирования вблизи «постороннего» объекта в экстремальных условиях, приближённых к условиям космического полёта, с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей	Контрольный полёт на сближение и расхождение Днём	2,0
16	17	Выработка навыков выполнения действий в условиях динамики полёта, идентичной динамике операторской деятельности по обнаружению, сближению и расхождению космических кораблей, на фоне эмоционального напряжения, с взаимодействием в группе и ведением радиорепортажей	Контрольный полёт на сближение и расхождение Днём	2,0

Таблица 4

Раздел 1. Первоначальная летная подготовка космонавтов, имеющих летное образование

№ п/п	Номер упражнения	Время на полет, ч. мин	Контрольные полеты		Общее количество полетов	«Вес» упражнения, процентов	Общее время, ч. мин
			День	Тренировочные полеты День			
1	1*	0.40	1	-	1	-	0.40
2	2	0.15	6	2	8	3,4	2.00
3	3	0.40	1	-	1	0,7	0.40
4	4	0.40	2	1	3	4,0	2.00
5	5	0.40	1	-	1	1,3	0.40
6	13	0.15	2	2	4	2,6	1.00
7	14	0.40	1	-	1	1,7	0.40
8	15	0.40	1	-	1	0,6	0.40
9	16	0.40	2	-	2	4,0	1.20
Итого			17	5	22	18,3	9.40

* Упражнение 1 состоит из одного ознакомительного полета, который не вносит «вклад» в формирование ПЛКК.

Таблица 5

Раздел 2. Первоначальная летная подготовка космонавтов, не имеющих летного образования

№ п/п	Номер упражнения	Время на полет, ч. мин	Вывозные и контрольные полеты		Общее количество полетов	«Вес» упражнения, процентов	Общее время, ч. мин
			День	Тренировочные полеты День			
1	1*	0.40	1	-	1	-	0.40
2	2	0.15	20	20	20	8,0	5.00
3	3	0.40	4	4	4	2,8	2.40
4	4	0.40	2	2	2	2,8	1.20
5	5	0.40	2	2	2	2,8	1.20
6	13	0.15	4	4	4	2,4	1.00
7	14	0.40	3	3	3	5,1	2.00
8	15	0.40	3	3	3	1,8	2.00
9	16	0.40	2	2	2	4,0	1.20
Итого			41	41	41	29,7	17.20

* Упражнение 1 состоит из одного ознакомительного полета, который не вносит «вклад» в формирование ПЛКК.

Таблица 6

Раздел 3. Летная подготовка космонавтов, имеющих летное образование

№ п/п	Номер упражнения	Время на полет, ч. мин	Контрольные полеты		Тренировочные полеты День	Общее количество полетов	«Вес» упражнения, процентов	Общее время, ч. мин
			День	Ночь				
1	2	0.15	2	2	2	6	3,4	1.30
2	3	0.40	1	1	1	3	2,9	2.00
3	4	0.40	1	1	-	2	2,9	1.20
4	5	0.40	1	-	-	1	1,3	0.40
5	6	0.10	1	-	-	1	1,3	0.10
6	7	0.40	1	-	-	1	2,6	0.40
7	8	0.40	2	-	-	2	3,4	1.20
8	13	0.15	2	2	2	6	4,8	1.30
9	14	0.40	1	1	-	2	3,9	1.20
10	15	0.40	2	1	1	4	3,0	2.40
11	16	0.40	1	1	-	2	4,2	1.20
12	18	0.10	1	-	-	1	2,0	0.10
13	10	0.40	2	-	-	2	4,0	1.20
14	11	0.40	2	-	-	2	4,0	1.20
15	12	0.40	2	-	-	2	4,0	1.20
16	17	0.40	2	-	-	2	4,0	1.20
Итого			24	9	6	39	51,7	20.00

Таблица 7

Раздел 4. Летная подготовка космонавтов, не имеющих летного образования

№ п/п	Номер упражнения	Время на полет, ч. мин	Контрольные полеты		Общее количество полетов	«Вес» упражнения, процентов	Общее время, ч. мин
			День	Ночь			
1	2	0.15	4	4	8	4,8	2.00
2	3	0.40	2	2	4	3,4	2.40
3	4	0.40	2	2	4	5,8	2.40
4	5	0.40	2	-	2	2,6	1.20
5	6	0.10	1	-	1	1,3	0.10
6	7	0.40	2	-	2	5,2	1.20
7	8	0.40	2	-	2	3,4	1.20
8	13	0.15	2	2	4	3,4	1.00
9	14	0.40	4	2	6	11,0	4.00
10	15	0.40	2	2	4	3,2	2.40
11	16	0.40	2	2	4	8,2	2.40
12	18	0.10	1	-	1	2,0	0.10
13	10	0.40	2	-	2	4,0	1.20
14	11	0.40	2	-	2	4,0	1.20
15	12	0.40	2	-	2	4,0	1.20
16	17	0.40	2	-	2	4,0	1.20
Итого			34	16	50	70,3	27.20

На рисунке 5 показано, что формирование ПЛКК начинается с уровня 30 % [15]. На этапе ОКП, в процессе первоначальной летной подготовки (таблица 4), ПЛКК формируются на 18,4 % – до уровня 48,4 %. На этапе подготовки космонавтов в составе групп, в процессе летной подготовки (таблица 6), ПЛКК формируются на 51,6 % – до уровня 100 %.

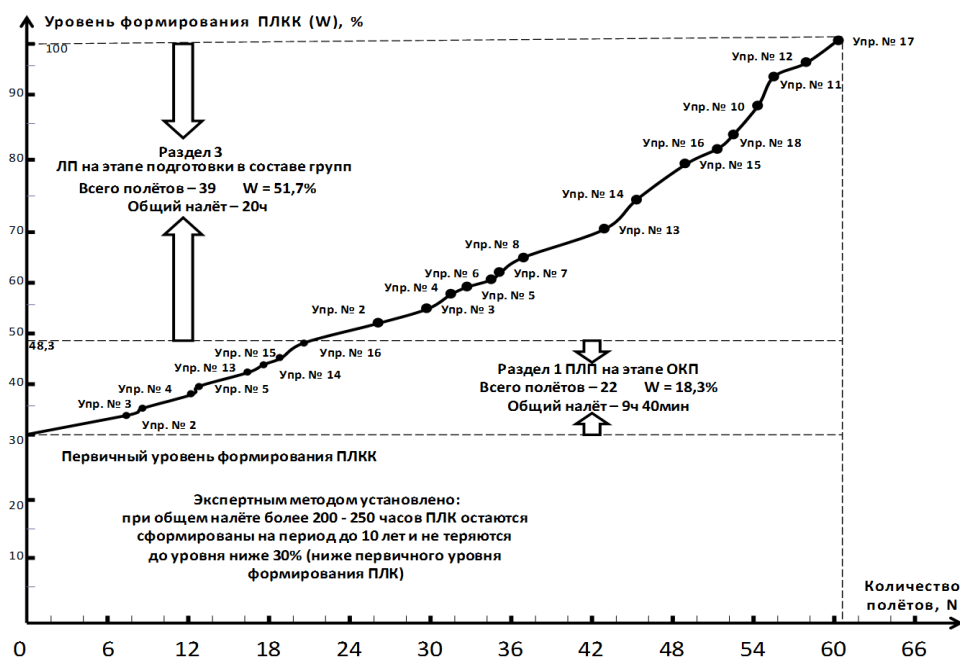


Рис. 5. Процесс формирования ПЛК у космонавтов, имеющих летное образование

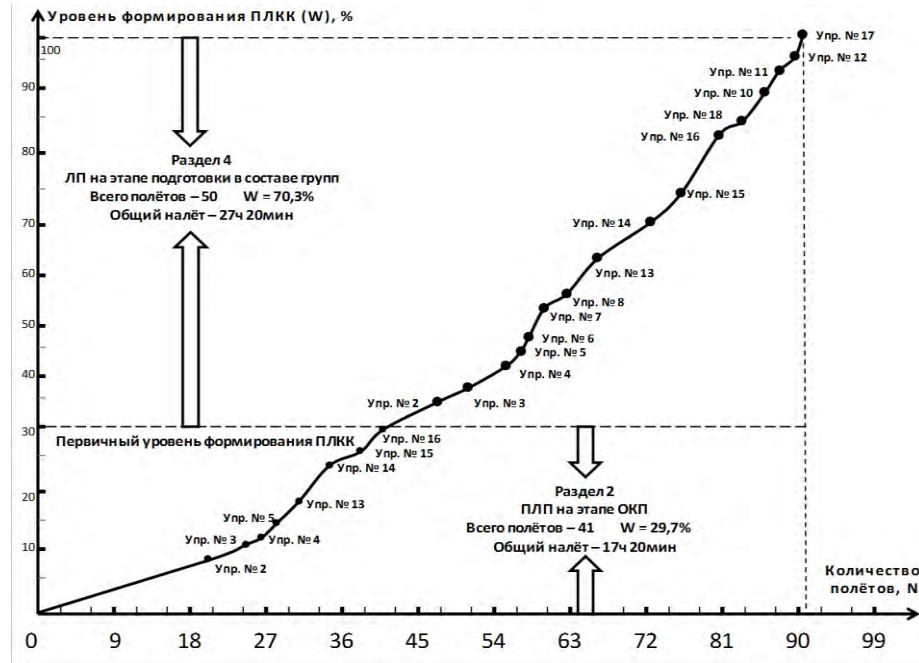


Рис. 6. Процесс формирования ПЛКК у космонавтов, не имеющих летного образования

На рисунке 6 показано, что на этапе ОКП, в процессе первоначальной летной подготовки (таблица 5), ПЛКК формируются до уровня 29,7 %. На этапе подготовки космонавтов в составе групп, в процессе летной подготовки (таблица 7), ПЛКК формируются на 70,3 % – до уровня 100 %.

Таким образом, использование новых подходов к организации процесса формирования профессиональных летных качеств космонавтов позволит обеспечить их полное создание с минимально возможными материальными затратами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Колесников Г.М. Прикладные аспекты теории деятельности человека. Монография. Монино, 2010.
- [2] Крикалёв С.К., Сорокин В.Г. и др. Новые подходы к организации специальной летной подготовки космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 4(9). – С. 82–91.
- [3] Курс летной и парашютной подготовки космонавтов. – Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, 1990.
- [4] Курс летной подготовки постоянного состава ВУЗ ВВС на учебном самолете (КЛП ПС-94). – М.: Воениздат, 1994.
- [5] Объединенная специализированная программа подготовки летного состава ВВС США JSUPT (Joint SUPT). Интернет-ресурсы.
- [6] Подготовка летчиков в зарубежных учебных авиационных центрах по объединенной программе подготовки летчиков в США ENJJPT (Euro-NATO Joint Jet Pilot Training). Интернет-ресурсы.
- [7] Подготовка летчиков в зарубежных учебных авиационных центрах по объединенной программе подготовки летчиков в Канаде по программе NFTC (NATO Flight Training in Canada). Интернет-ресурсы.

- [8] Подготовка кандидатов в США по программе первоначальной летной подготовки IFS (Initial Flight Screening). Интернет-ресурсы.
- [9] Программа подготовки летного состава ВВС США UPT (Undergraduate Pilot Training). Интернет-ресурсы.
- [10] Программа подготовки летчиков-истребителей ВВС США по программе подготовки истребителей LIFT - UTC AT-38B. Интернет-ресурсы.
- [11] Программа подготовки летного состава ВВС США по однопоточной программе UPT. Интернет-ресурсы.
- [12] Программа подготовки пилотов-любителей авиации общего назначения на самолете Як-52. ФАС. Калужское АЛТУ. – Калуга, 1997.
- [13] Руководство по организации и проведению подготовки космонавтов с использованием авиационной техники. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2012.
- [14] Содержание курса учебно-летной подготовки спортивных авиационных организаций РОСТО на самолетах (КУЛП-САО-С-01). Интернет-ресурсы.
- [15] Определение уровней формирования профессиональных летных качеств космонавтов в процессе специальной летной подготовки / Сорокин В.Г., Бурдаев М.Н., Халиков М.Р. // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 2(23). – С. 82–93.
- [16] Специализированная программа подготовки летного состава ВВС США SUPT (Specialized UPT). Интернет-ресурсы.
- [17] Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации (ФАПП-2003) (Приказ Министра обороны Российской Федерации, Министерства транспорта Российской Федерации и Российского авиационно-космического агентства от 31.03.02 № 136/42/51. Зарегистрирован в Минюсте 24.07.2002 г. № 3615).
- [18] Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации (ФАППП-2004). Утверждены приказом МО РФ № 275 от 24.09.2004 г.

УДК 629.78.072.8

**ДИАГРАММЫ РАССЕЯНИЯ
МАСШТАБНЫХ МАКЕТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА
В УСЛОВИЯХ СОЛНЕЧНО-ЛАЗЕРНОГО ПОДСВЕТА**
В.М. Жуков

Докт. тех. наук, профессор В.М. Жуков (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены структура космического мусора и режимы работы систем контроля космического пространства (ККП) с применением лазеров. Дано описание лабораторной экспериментальной установки и методики регистрации диаграмм рассеяния (ДР) макетов космического мусора (КМ). Цель исследований состояла в изучении особенностей отражательных характеристик объектов КМ в условиях солнечно-лазерного подсвета. Разработанная компьютерная программа обеспечивает управление вращением макетов, вычисление и вывод на печать статистических характеристик и графиков ДР. Показано влияние лазерного подсвета на искажение цветовых характеристик объектов и на зрение космонавта. Интерпретация результатов выполнена применительно к последовательным фазам операции наблюдения КМ (обнаружение, захвата на сопровождение, измерение дальности, фокусировка луча, воздействие лазера, контроль результатов) на освещенном и теневом участках орбиты объектов КМ.

Ключевые слова: диаграмма рассеяния, масштабный макет, космический мусор, солнечно-лазерный подсвет, космонавт, плазма, тормозной импульс.

Scattering Diagrams of Scaled Models of Space Debris under Conditions of Solar-Laser Illumination. V.M. Zhukov

The paper deals with the structure of space debris and operational modes of space monitoring systems with the use of lasers. It also describes the laboratory experimental facility and the techniques to register the scattering diagrams of space debris models. The research objective was to study the features of the reflective characteristics of the space debris objects in conditions of solar-laser illumination. The developed computer program provides the control of the rotation of models, calculation and printing of statistical characteristics and scattering diagrams. The influence of laser illumination on the distortion of the object's color characteristics and on cosmonauts' eyesight is shown. Interpretation of results is performed with reference to the successive phases of observing space debris objects (detection, capture for tracking, distance measurement, ray focusing, laser impact, monitoring of results) on the illuminated and shadow sections of orbits of space debris objects.

Keywords: scattering chart, scale layout, space debris, solar-laser illumination, astronaut, plasma, braking impulse.

Введение

Цель исследований состояла в изучении особенностей отражательных характеристик масштабных макетов КМ в условиях солнечно-лазерного подсвета и оценки их влияния на эффективность операций наблюдения космических объектов (КО) и очистки околоземного пространства от малоразмерных объектов КМ с помощью силовых лазеров.

Проблема космического мусора становится все более актуальной, но пока не имеет рационального решения. Разрабатываемые многочисленные способы очистки околоземного космического пространства не являются достаточно эффективными. Количество КМ увеличивается не только за счет запуска новых КА, но также за счет взрывов и столкновений КО. В настоящее время, по различным оценкам, вокруг Земли вращается порядка 750 млн объектов КМ, из них около 600 000 КО

диаметром более 1 см. Объекты КМ составляют 93 % от общего числа наблюдаемых КО. Каталогизировано порядка 16 600 КО размером более 10 см. Каталогизированные КО отслеживаются наземными радиолокационными и оптическими средствами систем ККП. Структура КМ включает следующие объекты: недействующие КА, разгонные блоки и последние ступени ракет-носителей, крупноразмерные и малоразмерные фрагменты КА (диаметром менее 1 см, 1–10 см и более 10 см) [1, 2]. Выделяется категория ядерного КМ, к которой относятся ИСЗ с ядерными энергетическими установками, созданные в период «звездных войн» и переведенные на орбиты захоронения высотой 650–1000 км. На этих орбитах они могут находиться более 300 лет (не менее 10 периодов полураспада изотопов) и разрушаться в результате столкновений с отделением телелов, в которых продолжается реакция деления тяжелых ядер ^{235}U или ^{239}Pu [3]. Важное значение имеет изучение процесса разрушения контуров теплоносителя при столкновении с другими объектами КМ. Возможные последствия могут быть оценены только с учетом теплового состояния реактора, которое определяется собственным тепловыделением и периодическим изменением температуры эвтектики калий-натрия в ходе движения по освещенной и теневой сторонам орбиты [4].

В последнее десятилетие многими странами активно разрабатываются малые КА формата кубсат (CubeSat) массой до нескольких килограммов и формата покетсат (PocketSat) массой менее 1 кг, которые выводятся на орбиты серийно (до трех десятков единиц) одной ракетой-носителем. Концепция кластеров предполагает возможность их объединения на околоземных и межпланетных орбитах в сложные роботизированные конструкции с высоким уровнем интеллекта, связанные между собой высокоскоростной лазерной связью, для реализации которой требуется взаимное обнаружение и сопровождение (с учетом их ДР). Имея относительно малые сроки функционирования, КА этих классов являются потенциальными объектами КМ.

Системы ККП выдают предупреждения о возможном столкновении МКС с фрагментами КМ диаметром более 10 см и определяют параметры маневра МКС (с учетом зоны безопасности радиусом порядка 25 км). В настоящее время такие маневры выполняются несколько раз в год. Можно полагать, что их частота будет увеличиваться по мере роста количества КМ.

Одним из аспектов проблемы борьбы с КМ является изучение отражательных характеристик КО, которые исследуются теоретическими методами, методами лабораторных и натуральных экспериментов (в оптическом, ИК и радиолокационном диапазонах спектра). Пассивные и активные средства систем ККП наземного и космического базирования, функционирующие в различных диапазонах спектра, имеют свои достоинства и ограничения, в частности, по наблюдению КМ на освещенной и теневой сторонах орбиты, что обуславливает их комбинированное применение.

Обзор методов исследования ДР

Конструирование ДР воздушных и космических летательных аппаратов (в зависимости от их целевого назначения) связано с решением «противоположных» задач: обеспечения малой заметности объектов («стелс-технологии») и надежного наблюдения и сопровождения дистанционно управляемых объектов и объектов КМ (за счет установки уголкового отражателя, ретрорефлекторов и маяков, которые обеспечивают образование в ДР одного или нескольких лепестков интенсивного отражения).

Фундаментальная работа [5] послужила основой для создания «стелс-технологий». Вопрос изучения отражательных характеристик КО относится к теории рассеяния волн на телах сложной геометрической формы. Задача аналитического определения рассеянного поля и его характеристик является типичной краевой задачей математической физики. Основными результатами применения строгих и приближенных методов расчета в этой задаче являются ДР тел заданной формы.

В работе [6] представлен аппаратно-программный комплекс имитационного цифрового моделирования характеристик заметности и изображений целей в лазерных и инфракрасных локационных системах. Предложены фотометрические модели рассеяния оптического излучения шероховатыми поверхностями. Рассмотрена система геометрического моделирования трехмерных объектов со сложной конфигурацией. Система включает в себя набор алгоритмов анализа затенений и маскировки точек на поверхности объекта локации, а также алгоритмы визуализации с заданного ракурса. Описана методика натуральных измерений эффективной площади рассеяния (ЭПР) самолета в горизонтальной плоскости при лазерном подсвете (длина волны – 1,06 мкм). Формирование на объекте пятна подсвета необходимого размера выполнялось с помощью телескопической насадки за счет регулировки расходимости луча лазера (в диапазоне от 2,5 угловых минут до 3°).

В работе [7] проведен анализ экспериментальных и расчетных методов исследований отражательных характеристик (ОХ) объектов. Разработаны имитационные модели ОХ объектов с диффузными и зеркальными покрытиями для одно- и двухпозиционных условий лазерной локации. Показано, что по мере усложнения формы тела и увеличения его размеров (относительно длины волны излучения) ДР приобретают многолепестковый характер. Если линейные размеры тела измеряются сотнями длин волны излучения, что характерно для оптического диапазона, то ширина лепестков ДР сужается до долей градуса, а глубина перепадов от максимума к минимуму отраженного сигнала составляет несколько порядков.

Рассмотренный в работе [8] метод определения характеристик рассеяния тел относится к диффузному отражению, подчиняющемуся закону Ламберта. Метод позволяет рассчитать ДР простых геометрических тел (шара, цилиндра, конуса и других осесимметричных тел). Большинство реальных объектов имеет сложную форму, в которой сочетаются диффузно и зеркально отражающие поверхности, а их ЭПР не поддается расчету. При освещении объекта когерентным излучением ДР существенно отличается от диффузной ДР по Ламберту (которая формируется при некогерентном облучении). Показано, что моделирование затенения одних элементов конструкции другими является весьма трудоемкой задачей.

В работе [9] экспериментально исследован импульс отдачи диэлектрических и металлических мишеней в диапазоне интенсивностей лазерного импульсного излучения $105\text{--}107 \text{ Вт/см}^2$ при изменении угла облучения. Получено уравнение для расчета импульса отдачи облучаемых мишеней. Проведен анализ влияния экранирующих свойств эрозионного факела. Результаты исследований могут быть использованы в задаче спуска с орбиты малоразмерных фрагментов КМ.

В работе [10] исследован способ лазерно-реактивной очистки космоса от мелких (не наблюдаемых локаторами) частиц (размером менее 10 см), которые представляют серьезную опасность, прежде всего, для ПКА и космонавтов в открытом космосе. Определен оптимальный режим облучения конструкционных материалов КМ (при энергии лазерного излучения порядка 3 кДж/г). Метод основан на испарении материала под воздействием лазерного облучения и образовании эрозионного факела, который создает тормозной импульс для перевода мало-

размерного фрагмента КМ на более низкую орбиту с последующим сгоранием в атмосфере. Исследуются способы защиты ПКА лазерной защиты МКС от фрагментов размером 1–10 см (обшивка МКС выдерживает удар фрагмента КМ размером менее 1 см).

В ряде рассмотренных работ рекомендуется определять ДР экспериментально, используя метод физического моделирования. Для разработки методики регистрации ДР объектов КМ необходим анализ способов применения и режимов функционирования лазерных систем наземного и космического базирования.

Краткий обзор применения космических и наземных лазерных систем

На борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз» на этапе сближения с МКС используется импульсный лазерный дальномер ЛДИ-11 (длина волны излучения 1,54 мкм, диапазон измерения дальностей от 8000 м до 60 м) [11]. Наведение ЛДИ-11 выполняется космонавтом вручную с помощью монокулярного визира. Предъявляются требования по наведению луча ИК лазера на определенные участки стыковочного узла (пятно луча лазера на цели не визуализируется).

В работе [12] рассматриваются возможности увеличения дальности бортовых лазерных локационных систем (длины волн 1,05 мкм и 1,57 мкм) до 10 км по диффузно отраженному сигналу и до 400 км при работе лазера в импульсном и непрерывном режиме излучения и использовании одного или нескольких разнонаправленных уголкового отражателей на пассивном КА, которые обуславливают появление в ДР КО узких лепестков максимальной амплитуды.

На модуле МКС «Звезда» установлены три лазерных отражателя (диаметр одного отражателя порядка 3 см), которые используются при стыковке европейского грузового корабля ATV-4. Лазерные отражатели позволяют выполнять автоматическую стыковку ATV с МКС с высокой точностью. Панели лазерных отражателей (до 100 шт.), устанавливаются на КА различного назначения (с высотой орбиты от 350 до 36 000 км) [13].

В программу экспериментов на МКС включен КЭ «Пеликан» [14], цель которого заключается в поэтапной отработке метода передачи энергии по лучу лазера (длина волны 0,8–83 мкм) от МКС на транспортный грузовой корабль (ТГК) «Прогресс». Планируется поэтапно увеличивать следующие параметры: мощность от 25 Вт до 1 кВт, дальность от 1,5 до 5 км, продолжительность сеансов от 4 часов до 5 суток. По предварительным оценкам, приемник ИК излучения должен иметь диаметр 250–300 мм, что определяет требования к соответствующей фокусировке луча лазера. Эти параметры обуславливают очень жесткие требования к системе наведения. Предполагается использовать оптико-механическую систему с управлением наведения луча лазера в двух плоскостях с помощью зеркала и обратной связью. На первых этапах КЭ космонавт должен осуществлять наведение луча лазера (при наблюдении через иллюминатор) и фиксировать положение ТГК «Прогресс» с помощью цифровой фотокамеры.

На МКС планируется проведение предложенного университетом Riken (Япония) КЭ по спуску с орбиты (до высоты порядка 200 км) малоразмерных фрагментов КМ с последующим их сгоранием в атмосфере. На первом этапе будет использован телескоп УФ диапазона с диаметром объектива 20 см и 100-волоконный лазер. На втором этапе должен использоваться телескоп «EUSO» (диаметр апертуры 3 м, поле зрения 30°) и импульсный лазер «CAN» с 10 тысяча-

ми волокон (частота импульсов порядка 105 Гц) для воздействия на фрагменты КМ сантиметровых размеров. В случае успеха КЭ предполагается размещение платформы с лазерной установкой на орбите высотой 800 км для борьбы с фрагментами КМ в дальностях до 100 км [15]. Операция заключается в необходимости последовательного выполнения на пролете (при дефиците времени) следующих фаз операции: обнаружение, захват на сопровождение, измерение дальности, фокусировка луча, выбор момента воздействия, импульсное воздействие лазера, контроль результатов. Выполнение фаз операции осложняется вращением фрагментов КМ и, следовательно, «вращением» и трансформацией ДР в функции текущей дальности до цели.

Российская система ККП включает сеть лазерных станций, функционирующих в составе автоматизированных комплексов.

Комплекс «Крона» (Карачаево-Черкесия, гора Чапал) предназначен для поиска и распознавания низкоорбитальных КО. Он включает в себя две радиолокационные станции и лазерно-оптический локаатор. В состав станции оптических наблюдений входят: телескоп (поле зрения – $16 \times 22^\circ$), широкопольная телевизионная ПЗС-камера (время экспозиции кадра – $0,12 \text{ с}$, предельная звездная величина – $10,5^m$), лазерный локаатор. Принцип работы комплекса предусматривает последовательное выполнение следующих этапов [16]:

- РЛС дециметрового диапазона волн обнаруживает КО, измеряет его характеристики и орбитальные параметры;
- РЛС сантиметрового диапазона уточняет координаты КО;
- лазерный локаатор подсвечивает КО;
- телескоп-фотометр регистрирует отраженное от КО излучение.

Анализ полученных данных позволяет определить назначение КО.

Сеть наблюдений за ближним космическим пространством состоит из расположенных на территории бывшего СССР лазерных станций (5 станций, планируется увеличить их количество до 20 станций).

Оптико-электронный комплекс «Окно» (Таджикистан, гора Саганлок, 2200 м над уровнем моря) включает 10 телескопов и является компонентом системы ККП. Комплекс предназначен для оперативного получения сведений о космической обстановке, каталогизации КО, определения их класса, назначения и текущего состояния. Комплекс позволяет обнаруживать КО (размером более 1 м) на высотах от 120 км до $40\,000 \text{ км}$ в зоне обзора по углу места от 20° до 90° [17]. Принцип действия комплекса основан на пассивной локации КО по отраженному солнечному свету. Наблюдение за космосом осуществляется в автоматическом и ручном режимах управления телескопами в целях обнаружения КО, определения параметров их движения, получения фотометрических характеристик и выдачи информации о КО в центр ККП.

Станция оптических наблюдений «Архыз» [18] осуществляет обработку оптико-лазерных средств наблюдений за КО и методов высокоточных траекторных измерений. Одним из основных инструментов является лазерный дальномер «Сажень-ТМ-Д», который предназначен для измерения дальности до КО (оснащенных лазерными отражателями) в ночное и дневное время суток, угловых координат и фотометрических параметров КО. Лазерный дальномерный канал работает на длине волны $0,532 \text{ мкм}$ (цвет – зеленый).

Гиссарская астрономическая обсерватория выполняет наблюдения КМ на геостационарной орбите. Регистрируются кривые блеска вращающихся малоразмерных объектов КМ с эффективной площадью $0,19\text{--}3,26 \text{ м}^2$ и блеском порядка

12,8–18,5 звездных величин. Определен период собственного вращения объектов КМ в диапазоне 25–120 с [19]. Показано, что движение КМ по орбите обуславливает изменение фазового угла Солнца и наличие «медленной» составляющей изменения блеска КМ.

Алтайский оптико-лазерный центр предназначен для высокоточных измерений дальности и угловых координат КА с целью уточнения их орбит. Одним из инструментов является 60-сантиметровый телескоп с лазером, дальность действия которого до 40 000 км. Адаптивная оптическая система обеспечивает получение детальных изображений с разрешением в доли угловой секунды, что позволяет распознавать и классифицировать по форме КО. Для обеспечения лазерной локации в дневное время суток осуществляется спектральная селекция отраженного от КО излучения. На рис. 1 [20] показаны черно-белые фотоснимки МКС, которые демонстрируют возможности наблюдения КО как площадной цели на больших дальностях, а также особенности диффузного отражения цилиндрическими и зеркального отражения плоскими элементами конструкции, ориентированными под различными углами относительно направления подсвета и наблюдателя.

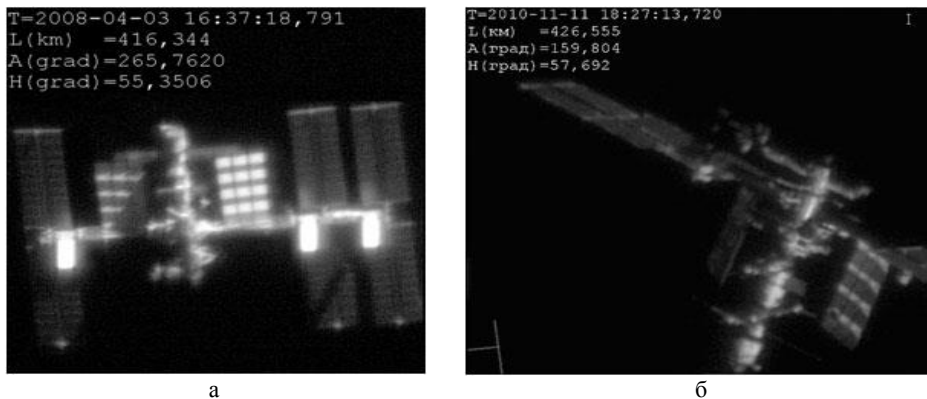


Рис. 1. Фотоснимки МКС, полученные с помощью наземной адаптивной оптической системы: а – на дальности 416,344 км; б – на дальности 426,555 км

Фотометрические наблюдения КО наземными средствами выполняются при угловой высоте Солнца над горизонтом не менее 20–30° и включают: измерение кривой блеска, определение периода собственного вращения КО, определение цвета (вычисление колор-индекса астероидов), фотосъемку объекта, регистрацию спектра и поляризации отраженного излучения.

Опыт наблюдения реальных КА показывает, что их отражательные характеристики могут изменяться под воздействием факторов внешней среды. В результате диффузного выветривания покрытий, воздействия космических излучений, вакуума, изменения температуры поверхности при движении на освещенном и теневом участках орбиты, воздействия других факторов орбитального полета имеют место смещение лепестков ДР и изменение соотношения между максимумами и минимумами регистрируемых сигналов. Отличия могут наблюдаться между ДР объектов одного типа, полученных в разное время. Неустойчивость ДР приводит к необходимости использования для их описания статистических характеристик отраженного от КО излучения.

Возможности наблюдения КО наземными и космическими средствами имеют ряд ограничений в пространстве и времени. Применение орбитальных средств в целях борьбы с КМ осложняется движением наблюдателя и цели с первой космической скоростью и существенным изменением угловой скорости линии визирования (на пролете) по нелинейному закону, а также периодичностью движения на теневом и освещенном участках орбиты. Кроме того, текущее положение КО на орбите относительно Солнца, Земли и Луны вносит пространственные ограничения для наблюдений на фоне звездного неба.

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка была создана для регистрации ДР макетов КО в условиях солнечно-лазерного подсвета с учетом режимов функционирования наземных и орбитальных оптико-лазерных средств системы ККП. Блок-схема установки показана на рис. 2. Установка смонтирована на базе оптической скамьи типа ОСК-3. В качестве имитатора излучения использован диапроектор с набором светофильтров, обеспечивающих получение спектра излучения, близкого к солнечному свету. В качестве источников подсвета макетов применялись лазеры типа ЛГ-38 и МИЛ-1, излучающие на длинах волн соответственно 0,63 мкм (красный свет) и 0,55 мкм (зеленый свет). Для расширения луча лазера использовалась телескопическая приставка. Приемник излучения – фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ-62, установленный в фокальной плоскости приемного объектива. Сигнал с выхода ФЭУ поступал на самописец уровня круговых диаграмм, а также через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) на компьютер и принтер. Самописец аналогового сигнала использовался для регистрации ДР с более высоким, по сравнению с принтером, разрешением.

Следствием отсутствия атмосферы и соответственно рассеяния света в космическом пространстве являются резкие контрасты и резкие границы свет-тьнь на объекте наблюдения. Для имитации этих условий в установке был использован специально изготовленный бокс-светоулавливатель, внутреннее покрытие которого

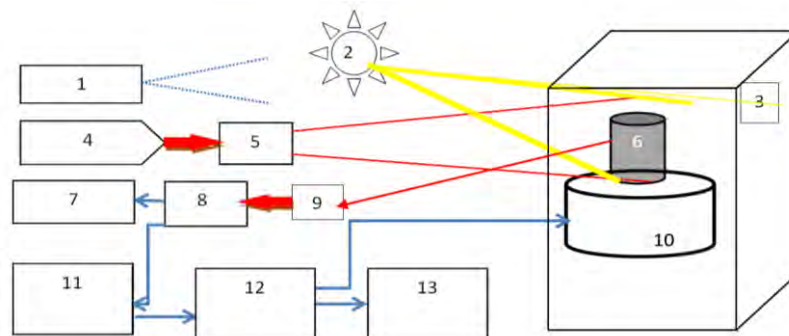


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки: 1 – фотокамера; 2 – имитатор Солнца; 3 – бокс-светоулавливатель; 4 – лазер ($\lambda = 0,63$ мкм); 5 – телескопическая насадка; 6 – масштабный макет КМ; 7 – самописец аналогового сигнала; 8 – ФЭУ; 9 – объектив; 10 – поворотная платформа; 11 – АЦП; 12 – компьютер; 13 – принтер

выполнено из черного бархата с коэффициентом отражения 0,02. Установка размещалась в лаборатории, потолок и стены которой были покрыты (для исключения паразитных засветок) черной матовой краской.

Для проведения исследований были изготовлены 21 макет геометрических тел, соответствующих типовым элементам конструкции КА, и 29 масштабированных макетов КА, перешедших в категорию КМ. Образцы макетов показаны на рис. 3. Макеты ОК «Мир», модуля «Квант», ТПК «Союз ТМ» и ТГК «Прогресс» были изготовлены как фотометрические, т.е. имели штатные покрытия корпуса и панелей солнечных батарей.

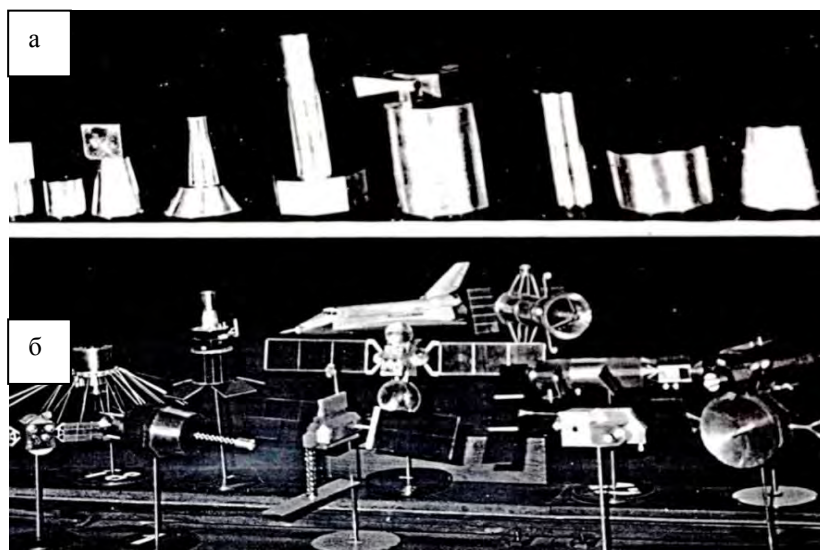


Рис. 3. Макеты геометрических тел (а) и объектов КМ (б)

Масштабные макеты устанавливаются на поворотную платформу в боксе-светоулавливателе. Система крепления обеспечивает возможность изменения угла наклона макета относительно вертикальной оси вращения в диапазоне 0–90°. Компьютерная программа обеспечивает синхронизацию работы установки, статистическую обработку цифровых ДР и вывод результатов на печать.

Методика регистрации диаграмм рассеяния

Методика регистрации ДР разработана с учетом специфики функционирования систем ККП в режимах оптико-лазерной локации КО и задач мониторинга астероидно-кометной опасности в интересах исследования особенностей формирования ДР объектов КМ (в условиях солнечно-лазерного подсвета) и оценки их влияния на эффективность операций с применением бортовых лазеров. Учитываются также режимы операций мониторинга астероидно-кометной опасности, в которых регистрируются следующие показатели и характеристики объектов [21]: колориндекс, кривая спектральной отражательной способности, глубина минимума кривой блеска, период собственного вращения, вариация блеска за период вращения, фазовый угол Солнца, а также аппроксимация астероидов эллипсоидом.

Методика включает выполнение следующих этапов:

- создание макетов объектов КМ;
- создание экспериментальной установки бистатического солнечно-лазерного подсвета с поворотной платформой для регистрации круговых диаграмм рассеяния;
 - цветная фотосъемка макетов в условиях солнечного, лазерного монохроматического и комбинированного подсвета;
 - разработка программного обеспечения процесса регистрации и вычисления статистических параметров и характеристик ДР;
 - автоматизированная регистрация круговых ДР макетов с расчетом статистических параметров и выводом графических и числовых результатов на печать;
 - анализ ошибок и ограничений лабораторного эксперимента;
 - разработка способов использования ДР в имитационных моделях операций наблюдения объектов КМ;
 - интерпретация результатов лабораторного эксперимента применительно к задачам мониторинга и борьбы с КМ с применением наземных и орбитальных лазерных средств.

Выбор масштабов макетов и регистрация их ДР обусловлены возможностями адаптивной оптики системы ККП по наблюдению КО как площадных целей на больших дальностях, соответствующих дальностям наблюдения объектов КМ. Регулировка расходимости луча лазера (с учетом размеров макетов) выполняется с помощью телескопической насадки коллиматорного типа.

Фазовый угол источника подсвета определяется как угол «источник подсвета–объект–наблюдатель». Фазовый угол Солнца (ψ_C) ограничен при наблюдении КМ наземными средствами горизонтом Земли и углом $\psi_C = 90^\circ$, превышение которого обуславливает засветку объектива телескопа. Учитывается, что фотометрические наблюдения КО наземными средствами выполняются при угловой высоте Солнца над горизонтом не менее $20\text{--}30^\circ$. При наблюдении КМ орбитальными средствами возможны ситуации, когда $\psi_C = 0^\circ$. В связи с тем, что телескоп и лазер, как правило, устанавливаются на одной платформе, в экспериментах фазовый угол лазерного подсвета (ψ_L) выбран равным нулю.

Для оценки влияния способов подсвета на разрешающую способность и цветопередачу выполняется цветная фотосъемка штриховой миры и цветового клина, изготовленного из эталонных материалов «Атласа цветов».

Регистрация ДР при вращении макета вокруг вертикальной оси осуществляется с заданной дискретностью, в экспериментах она выбрана равной 1° . Пробные эксперименты показали, что интервал корреляции многолепестковых ДР равен в среднем 10° . В соответствии с этим каждый макет устанавливается в дискретные положения в диапазоне углов наклона $0\text{--}90^\circ$. Таким образом, предусматривается получение для каждого макета массива из 3600 измерений в 10 сечениях (имитация отражения в сферу) для каждого заданного фазового угла имитатора Солнца.

Лабораторный эксперимент дополняет информацию, получаемую наземными оптико-лазерными средствами системы ККП, которые регистрируют вариации блеска КМ на относительно кратковременном участке пролета, т.е. как часть круговой ДР объекта при случайных фазовых углах Солнца и ориентации объекта КМ. Совокупность круговых ДР КО, которая характеризует отражение солнечно-лазерного излучения в сферу, является полезной информацией для орбитальных средств системы ККП.

Компьютерная программа обеспечивает синхронизацию работы АЦП и вращения платформы, выполняет нормирование на максимум отраженных сигналов, статистическую обработку цифровых ДР и обеспечивает вывод графиков ДР и их статистических характеристик на печать. Статистическая обработка каждой круговой ДР включает расчет следующих параметров и характеристик: математического ожидания, среднеквадратического отклонения нормированных на максимум сигналов, автокорреляционной функции, интервала корреляции, плотности распределения вероятности, интегральной функции распределения, функции пространственной спектральной плотности и энтропии ДР. Дополнительно определяются в полярной системе координат ДР углы максимума и минимума отраженных сигналов.

Результаты экспериментов

1. В интересах оценки возможности распознавания КМ как площадных целей выполнена цветная фотосъемка макетов КМ, штриховой миры и цветового клина в условиях солнечного, лазерного монохроматического и комбинированного солнечно-лазерного подсвета при различных фазовых углах имитатора Солнца (φ_C) и фазовом угле лазера $\varphi_L = 0^\circ$ (рис. 4).

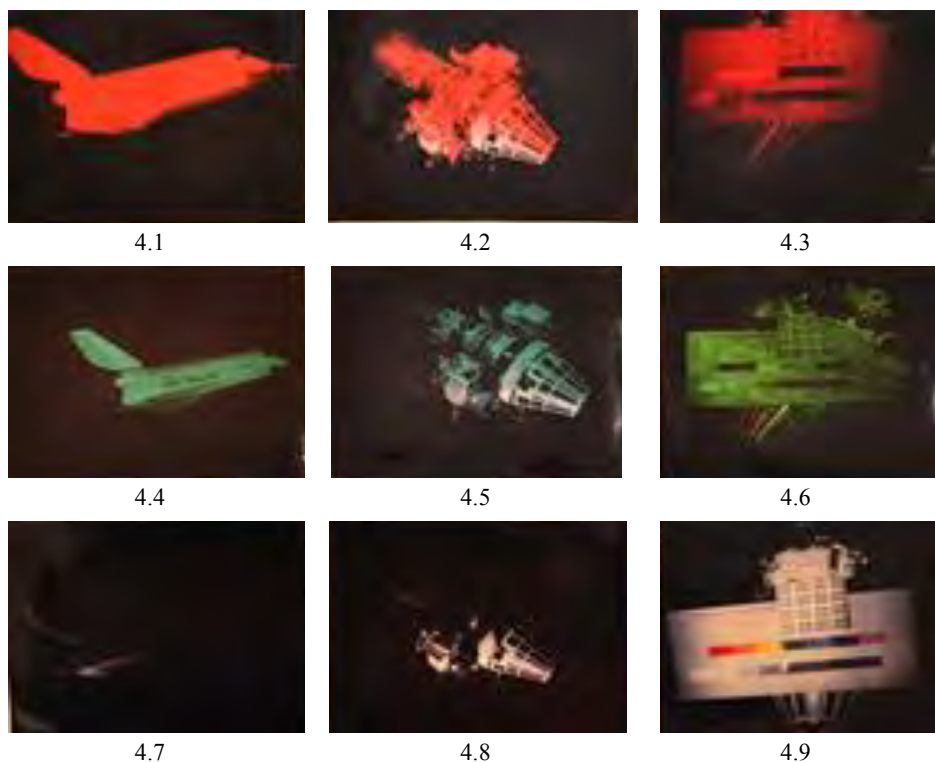
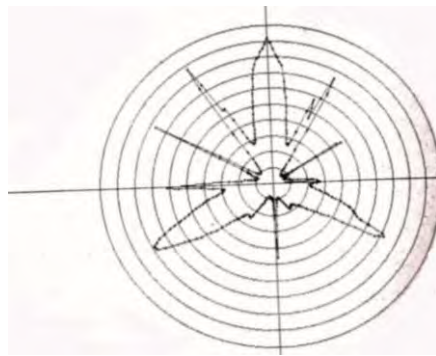


Рис. 4. Фотоснимки макетов КМ, цветового клина и штриховой миры при солнечно-лазерном подсвете: фото 4.1 и 4.4 – лазерный подсвет при $\varphi_L = 0^\circ$; фото 4.2, 4.5 – солнечно-лазерный подсвет при $\varphi_C = 45^\circ$, $\varphi_L = 0^\circ$; фото 4.3, 4.6 – лазерный подсвет при $\varphi_L = 0^\circ$; фото 4.7 – солнечный подсвет при $\varphi_C = 90^\circ$; 4.8 – солнечный подсвет при $\varphi_C = 45^\circ$; 4.9 – солнечный подсвет при $\varphi_C = 0^\circ$

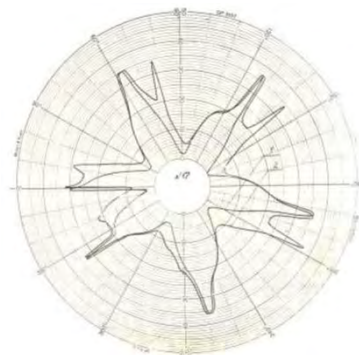
2. Лабораторные эксперименты проведены на выборке из 50 макетов КМ и тел правильной геометрической формы. Получены круговые ДР макетов КМ в дискретных сечениях с интервалом наклона оси объектов к вертикали, равном 10° , при изменении фазового угла Солнца в диапазоне $0-90^\circ$ и постоянном фазовом угле лазерного подсвета равном нулю, что соответствовало расположению приемника и наблюдателя на одной платформе.

На рис. 5 показаны типовые ДР объектов КМ: 5.1 – ДР объекта сложной конструкции (игольчатые лепестки соответствуют бликовым точкам объекта); 5.2 – две совмещенные ДР осесимметричного тела с плоскими гранями, соответствующие изменению наклона макета на 10° ; 5.3 – две совмещенные ДР, соответствующие изменению фазового угла Солнца на 30° ; 5.4 – демонстрирует «вырождение» ДР до двух значимых лепестков (при неблагоприятном для наблюдения сочетании параметров подсвета).

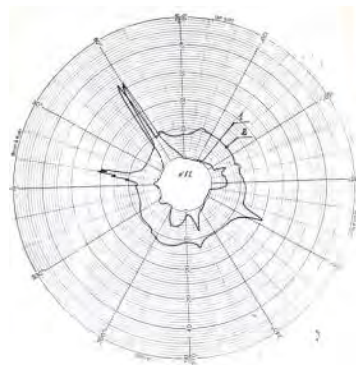
3. Результаты статистической обработки ДР макетов представлены форматом вывода на печать параметров и графиков. Для примера на рис. 6 показан формат выходных данных статистической обработки ДР.



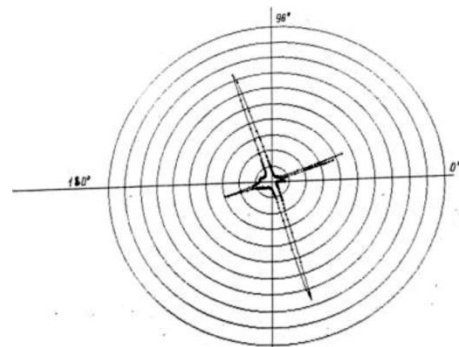
5.1



5.2



5.3



5.4

Рис. 5. Типовые диаграммы рассеяния объектов КМ

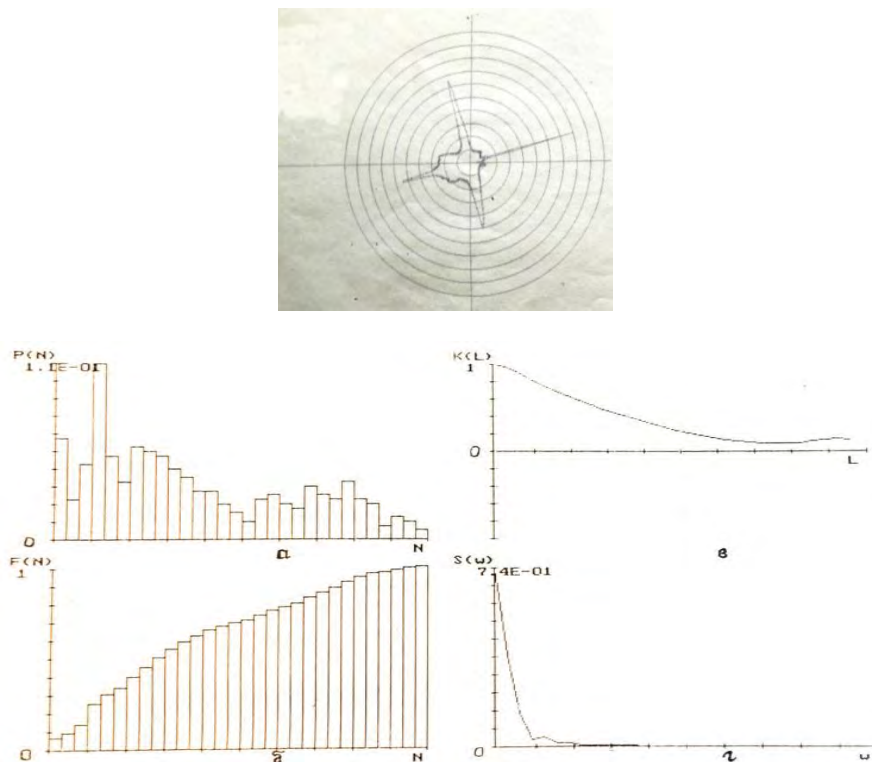


Рис. 6. Формат представления выходных данных статистической обработки ДР

4. Части круговой ДР (в пределах интервала корреляции) можно рассматривать как характеристики диффузно и зеркально отражающих свойств фрагментов КМ, на которые распадаются КА в результате столкновений и взрывов.

5. Круговые ДР макетов КМ в условиях солнечно-лазерного подсвета имеют стохастический многолепестковый характер и существенно изменяются в зависимости от фазовых углов солнечного и лазерного подсвета, а также от пространственной ориентации объекта относительно наблюдателя. Трансформация ДР в зависимости от условий наблюдения проявляется в изменении формы, числа и амплитуды лепестков. При неблагоприятном сочетании уровней факторов наблюдается вырождение многолепестковой ДР до одного-двух лепестков, что может приводить к срыву сопровождения и временной потере системой ККП каталогизированных КО, а также к снижению вероятности обнаружения новых объектов КМ.

6. К основным факторам, определяющим структуру ДР, относятся: конструкция объектов КМ, фазовые углы источников подсвета, дальность наблюдения, угловая скорость вращения фрагментов КМ и разрешающая способность телескопа.

7. Наиболее благоприятные условия наблюдения объектов КМ (конструкция которых включает плоские и сложного профиля диффузно и зеркально отражающие элементы поверхности) обеспечиваются в условиях солнечно-лазерного подсвета. Монохроматический лазерный подсвет при наблюдении КО как площадных целей искажает цвета и снижает разрешающую способность получаемых изображений.

ний. В условиях солнечного подсвета (видимого диапазона спектра) наиболее информативные ДР регистрируются при фазовых углах Солнца в диапазоне 35–45°.

8. Ошибки экспериментов связаны в основном с покрытием некоторых масштабных макетов, которые по коэффициенту отражения не вполне соответствовали реальным объектам КМ (за исключением ряда фотометрических макетов). Эти ошибки частично компенсируются деградацией поверхности КО в процессе длительного пребывания в космосе. В наших экспериментах источниками ошибок также являлись колебание мощности излучения источников подсветки, дискретность замеров и квантование сигналов. Эти ошибки в основном сказываются на тонкой структуре ДР. Ошибки определения среднеквадратического отклонения амплитуд сигналов в лепестках ДР оцениваются на уровне 18 % (относительно аналоговой ДР шара как эталонного объекта).

9. Совершенствование методики может быть осуществлено в следующих направлениях:

- оперативное изготовление макетов и конструирование ДР перспективных КА на основе технологии 3D-принтерной цветной печати (металлическими и композитными порошками) с нанесением зеркальных покрытий;
- имитация дополнительной подсветки макетов КО Лунной;
- регистрация отраженного поляризованного излучения;
- программная аппроксимация цифровых ДР макетов как площадных объектов при их трансформации в ДР точечных объектов;
- регистрация ДР макетов с угловыми скоростями, соответствующими вращению реальных объектов КМ.

Интерпретация результатов

Анализ режимов функционирования систем ККП показал, что операции наблюдения и перехвата вращающихся объектов КМ на пролете в общем случае включают следующие последовательно выполняемые фазы: поиск в заданном участке звездного неба (или наведение средства наблюдения по целеуказанию), обнаружение КО в условиях солнечно-лазерного или лазерного подсвета (на освещенной и теневой сторонах орбиты), захват на сопровождение, регистрация колебаний блеска за ротационный цикл (фотометрирование), определение координат и угловой скорости вращения, высокоточное измерение текущей дальности, фокусировка луча силового лазера на цели, выбор точки прицеливания, режима импульсного излучения лазера и момента выстрела, контроль результатов воздействия. Структура ДР объектов КМ оказывает влияние на эффективность выполнения этих фаз операции.

1. Лепестковая структура ДР и собственное вращение объектов КМ обуславливают мерцающий характер отраженного от КО излучения. В задаче наблюдения космонавтом КМ с борта ПКА мерцание объекта оказывает влияние на процесс наблюдения. Частота мерцаний определяется количеством значимых лепестков ДР и угловой скоростью вращения объектов КМ. Известна зависимость контрастной чувствительности зрения наблюдателя от частоты мерцаний. Для частот менее 6 Гц имеет место существенное ослабление контрастной чувствительности. Движение КО и его мерцание с частотой в диапазоне 6–12 Гц облегчают обнаружение КО на фоне звездного неба, но затрудняют сопровождение, измерение дальности и прецизионное наведение силового лазера. В случае наблюдения космонавтом-оператором сигналов на экране монитора априорное знание параметров сигнала существенно повышает вероятность обнаружения на величину 0,3 при отношении сигнал/шум,

равном 7, и заданной вероятности ложной тревоги 10^{-4} [21]. Частота мерцания фрагментов КМ может быть использована в качестве одного из признаков их селекции от функционирующих КА, которые, как правило, стабилизируются в пространстве, и от астероидов, сближающихся с Землей и имеющих большие периоды вращения [22].

2. Полученные в экспериментах в цифровой форме ДР макетов КМ как площадных целей могут быть трансформированы (методами аппроксимации и высокочастотной фильтрации) применительно к увеличению дальности наблюдения и их наблюдению как точечных целей.

3. В задаче направленного спуска вращающихся фрагментов КМ с орбиты с помощью силового лазера необходимо учитывать особенности их ДР и параметры процесса взаимодействия лазерного излучения с материалом объекта (алюминий, сталь, пластмасса, теплоизоляция и др.). Фокусировка лазерного излучения (до плотности мощности $\sim 10^6 \text{ Вт/см}^2$ и выше) приводит к испарению материала мишени, возникновению эрозионного факела плазмы, что можно использовать для формирования тормозного импульса (рис. 7 [23]): Q – вектор количества движения испаренного вещества, $-Q$ – механический импульс).

Эрозионный факел распространяется по нормали к облучаемому участку со скоростью 3–5 км/с. При углах падения излучения, отличных от прямого, направление тормозного импульса становится неопределенным. Кроме того, образующееся облако плазмы временно экранирует лазерное излучение. При плотности мощности 1,3–4,7 кВт/см² время нагрева мишени составляет 0,5–4 с [24].

В импульсных режимах работы лазера длительность импульсов (от десятков наносекунд до 1 мкс) сопоставима со временем разлета облака плазмы, что позволяет выбрать скважность и потребное количество импульсов облучения. При однократном импульсе (с интенсивностью облучения цели порядка 10^7 Вт/см^2) длительность импульса зависит от материала покрытия КО и может быть порядка миллисекунды [25].

Можно полагать, что учет структуры ДР фрагментов КМ будет способствовать выбору рациональных режимов функционирования лазерной установки на различных фазах операции. Например, обнаружение, сопровождение и измерение текущей дальности до цели целесообразно выполнять по широким и интенсивным лепесткам наблюдаемой ДР, а силовое воздействие – в провалы ДР, которые обозначают участки поверхности цели с минимальным коэффициентом отражения. Определение периода вращения объекта КМ [19] на фазе сопровождения позволяет выбрать точку наведения луча лазера, скважность импульсов и момент выстрела.

4. Факт воздействия излучения на цель может быть зарегистрирован по изменению вектора скорости фрагмента КМ и возникновению эрозионного факела. Температура плазмы может составлять порядка 5500 К с наиболее интенсивным излучением в видимом и ближнем ИК диапазонах спектра, однако кратковременность существования факела делает эту задачу трудновыполнимой.

5. Выбор способа применения силового лазера с борта КА зависит также от относительного орбитального положения фрагмента КМ и КА с лазерной установкой. Возможность защиты КА от опасных фрагментов КМ с помощью косми-

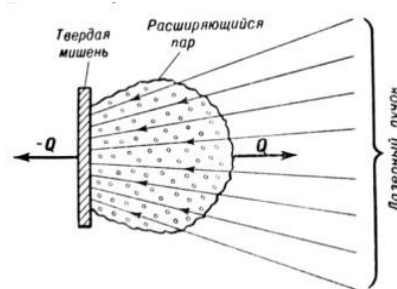


Рис. 7. Схема формирования тормозного импульса эрозионным факелом

ческой лазерной установки при движении объектов по компланарным и пересекающимся орбитам рассмотрена в [26] для случаев, когда фрагмент КМ имеет меньшую высоту орбиты (т.е. большую скорость и обгоняет КА) и большую высоту (т.е. отстает от КА). На пересекающихся орбитах относительная скорость объектов в среднем составляет порядка 10 км/с, а время наблюдения фрагмента с борта КА на пролете измеряется десятками секунд. Выбор точки наведения на цели и момента выстрела по ДР требует учета этих факторов.

6. В КЭ «Пеликан» [14] при длительности сеансов передачи энергии по лазерному лучу до 5 суток в силу различных баллистических коэффициентов ТГК «Прогресс» и МКС будет наблюдаться рассогласование по высоте орбит, а также периодическое чередование освещенных и теневых участков орбит КА, что обуславливает целесообразность использования двухканальной системы наведения видимого и ИК диапазонов, а также специального конструирования ДР панели, включающей приемник лазерного излучения, который имеет низкий коэффициент отражения, и маяки для прецизионного наведения луча лазера.

7. Исследованы возможности применения мощного лазера для защиты КА от наиболее опасных фрагментов КМ (размерами 1–10 см) [27, 28] в следующих режимах:

- сближение с дальности 10 км, применение лазера с дальности 3 км со временем облучения 1,8 с;
- сближение с дальности 8 до 4 км со временем облучения 3 с;
- сближение с дальности 8 до 0,2 км при уменьшении требуемой энергии лазера на порядок (на дальности 1,7 км диаметр фокального пятна лазера на цели 2,36 см).

Точность наведения и удержания луча лазера на цели в подобных режимах обеспечивается при расходимости луча лазера на уровне дифракционного предела и оценивается величиной порядка одной угловой секунды. Такая точность может быть обеспечена при использовании способа установки средства наблюдения или управляемого зеркала в карданно-магнитном подвесе. Методом математического моделирования показано [29], что этот способ обеспечивает приемлемые ошибки наведения: по углу тангажа 0,198", по углу рыскания 0,018" (при ошибках стабилизации не более 0,006").

8. Можно полагать, что для реализации таких задач, как борьба с КМ, передача энергии по лазерному лучу и других задач, требующих прецизионного наведения луча лазера при движении КО на освещенном и теневом участках орбиты, нужна интеллектуальная система управления средствами наблюдения и силовым лазером с функциями анализа наблюдаемой вращающейся ДР объекта КМ, выбора точки наведения, режима импульсного излучения и момента выстрела лазера.

9. В задачах обнаружения объектов КМ, стыковки ПКА, передачи энергии по лазерному лучу, применения лазерных дальномеров и силовых лазеров анализ ДР позволяет определить требования по защите зрения космонавта, особенно при наличии в конструкции объектов КМ зеркально отражающих элементов и лазерных уголкового отражателей.

Заключение

Рассмотрена проблема мониторинга и борьбы с КМ в аспекте экспериментальных исследований ДР макетов КМ. Создана экспериментальная установка и разработана методика регистрации ДР объектов КМ в условиях солнечно-лазерного подвеса с автоматизированным вычислением статистических параметров ДР. На

выборке из 50 макетов объектов КМ получены и исследованы их ДР. Дана оценка влияния ДР на эффективность операций с применением бортовых силовых лазеров по вращающимся фрагментам КМ, передачи энергии между КА по лазерному лучу и лазерной стыковки КА. Показано влияние ДР на выполнение всех фаз операции мониторинга объектов КМ. Можно полагать, что новизна предложенного подхода заключается в регистрации круговых ДР в дискретных плоскостях, совокупность которых характеризует отражение объекта в сферу в условиях солнечного, лазерного монохроматического и комбинированного подсвета целей.

Результаты работы могут быть использованы при исследовании ДР существующих КО, конструировании ДР проектируемых КА, классифицировании объектов КМ, а также для уточнения режимов функционирования наземных и орбитальных оптико-лазерных средств системы ККП и перспективных лазерных систем защиты орбитальных станций от фрагментов КМ.

Участие экипажа ПКА в операциях с применением лазеров целесообразно на этапе отработки средств и методов борьбы с объектами КМ при соблюдении мер защиты зрения космонавта.

Рассмотрены направления совершенствования экспериментальной установки и методики регистрации ДР макетов существующих и перспективных КА как потенциальных объектов космического мусора.

Благодарности

Автор выражает благодарность технику лаборатории С.Ф. Шевелеву за изготовление большей части макетов КО, программисту В.Н. Осовитному и группе специалистов Института общей физики РАН за разработку и отладку программного обеспечения, а также Т.Н. Власенковой за активное участие в экспериментах по регистрации ДР.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Космический мусор // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 16.03.2017).
- [2] ЦНИИмаш: объекты космического мусора // URL: <http://planet-today.ru/novosti/nauka/item/18774-tsniiimash-okolo-750-mln-obektov-kosmicheskogo-musora> (дата обращения: 08.04.2017).
- [3] Карасев П.А. Ядерные энергетические установки в космосе // Атомная стратегия». – № 30. – 2007. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=995> (дата обращения: 04.04.2017).
- [4] Замечания и предложения по решению Комитета по экологии ГД: «О проблемах техногенного загрязнения ОКП». – М.: Межведомственная комиссия по экологической безопасности Совета безопасности РФ, № А 21-263 от 27.04.1995.
- [5] Уфимцев П.Я. Метод краевых волн в физической теории дифракции. – М.: Советское радио, 1962. – 244 с.
- [6] Лабунец Л.В. Цифровые модели изображений целей и реализаций сигналов в оптических локационных системах // Учеб. пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 216 с.
- [7] Непогодин И.А. Отражательные характеристики объектов и фонов и их информативность в лазерной локации // Диссертация докт. физ.-мат. наук. – Казань, 1998. – 373 с.
- [8] Мишура Т.П., Платонов О.Ю. Проектирование лазерных систем: учеб. пособие. – ГУАП, СПб, 2006. – 98 с., илл. // URL: <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/059/45059/21837>, (дата обращения: 21.03.2017).
- [9] Кузнецов Л.И. Импульс отдачи на твердую поверхность в режиме развитого лазерного испарения // Квантовая электроника. – 1993. – Т. 20. – № 12. – С. 1191–1195.
- [10] Кузнецов Л.И., Ярыгин В.Н. Лазерно-реактивный метод очистки космического пространства от малоразмерного мусора // Квант. электрон. – 21/6 (1994). – С. 600–602.
- [11] Оптико-визуальные приборы транспортного корабля «Союз МС» / Учеб. пособие. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2015. – 29 с., илл.

- [12] Выбор лазеров для увеличения дальности бортовых локационных систем космических аппаратов / Старовойтов Е.И., Савчук Д.В., Зубов Н.Е. // Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, выпуск N08, 2013. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vybor-lazеров-dlya-uvеlicheniya-dalnosti-bortovyh-lokatsionnyh-sistem-kosmicheskikh-apparatov> (дата обращения: 16.03.2017).
- [13] Панели лазерных отражателей // ОАО НПК «Системы прецизионного приборостроения». URL: <http://www.npk-spp.ru/deyatelnost/otrazhateli.html>.
- [14] Техническое задание на космический эксперимент «Исследование передачи электрической энергии лазерным излучением между КА» // РКК «Энергия», 2011.
- [15] Лазер на МКС для борьбы с космическим мусором // URL:<http://www.dailytechinfo.org/space/6946-lazer-kosmicheskij-musor.html> (дата обращения: 16.09.2017).
- [16] Радиооптический комплекс распознавания космических объектов «Крона» / URL: <http://www.rtisystems.ru/products/radarcomplexes/special-radar-complexes/10/> (дата обращения: 16.09.2017).
- [17] Оптико-электронный комплекс «Окно» / URL: <http://epizodsspace.no-ip.org/bibl/internet/okno.html> (дата обращения: 16.09.2017).
- [18] Станция оптических наблюдений «Архыз» / URL: <http://npk-spp.ru/deyatelnost/adaptivnaya-optika.html> (дата обращения: 17.09.2017).
- [19] Минукулов Н.Х., Гулямов М.И., Абдуллоев С.Х. // Известия АН Республики Таджикистан. – № 2 (139). – 2010 (дата обращения: 17.09.2017).
- [20] Получение изображений космических аппаратов телескопом алтайского оптико-лазерного центра с использованием адаптивной оптики / Галкин А.А., Гришин Е.А., Иншин П.П., Шаргородский В.Д. // Космические исследования. – Т. 46. – № 3. – 2008. URL:<http://elibrary.ru/item.asp?id=9976684>. (Алтайский оптико-лазерный центр // URL:<http://tass.ru/kosmos/3515368> (дата обращения: 12.10.2017)).
- [21] Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений. Теория передачи изображений и ее приложения. – М.: Радио и связь, 1986. – 246 с.
- [22] Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра / Под ред. Б.М. Шустова, Л.В. Рыхловой. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 384 с.
- [23] Квантовая электроника. Маленькая энциклопедия // Отв. ред. М.К. Жаботинский. – М.: «Сов. энциклопедия», 1969. – 432 с., илл.
- [24] Климов Ю.М., Майоров В.С., Хорошев М.В. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: учеб. пособие. – М.: МИИГАиК, 2014. – 108 с.
- [25] Кузнецов Л.И., Ярыгин В.Н. Взаимодействие мощного лазерного излучения с твердой поверхностью и проблемы экологии ближнего космоса // Вестник Челябинского государственного университета. – Вып. № 1. – Т. 6. – 1997. – С. 93–98. // URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vzaimodeystvie-problemy-ekologii> (дата обращения: 16.02.2017).
- [26] Авдеев А.В. К вопросу борьбы с космическим мусором с помощью лазерной космической установки на основе HF-НХЛ // Труды МАИ. – 2012. – № 61. URL: <http://mai.ru/upload/iblock/0ca/k-voprosu-borby-s-kosmicheskim-musogom-s-pomoshchyu.pdf>. (дата обращения: 12.03.2017).
- [27] Авдеев А.В. Требования к параметрам космической лазерной установки на основе HF-НХЛ для очистки околоземного пространства от опасных фрагментов космического мусора // Электронный журнал «Труды МАИ». – Вып. № 45. URL: www.mai.ru/science/trudy/ (дата обращения: 12.03.2017).
- [28] Авдеев А.В., Метельников А.А. Бортовая лазерная силовая установка для борьбы с космическим мусором // Труды МАИ. – 2016. – № 89. URL: http://mai.ru/upload/iblock/28b/avdeev_melnikov_rus.pdf (дата обращения: 12.03.2017).
- [29] Kekler K. Putting payloads with pinpoint accuracy while conducting experiments to monitor ground targets // Acquisition, Traking and Pointing, 3, v. 1111. – Orlando, Florida, 1989.

УДК 811.161.1:24

**ЛИНГВОМЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПОДГОТОВКИ АСТРОНАВТОВ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ
В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ
ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА**

И.В. Супрун

Канд. пед. наук, доцент И.В. Супрун (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье излагаются лингвометодические основы системы преподавания русского языка астронавтам во время их подготовки к полету в России, конкретизируются методические приемы, используемые при обучении астронавтов русскому языку как средству профессионального общения.

Ключевые слова: подготовка астронавтов по русскому языку, ситуации речевого общения, коммуникативные потребности, отбор учебного материала, речевые навыки, грамматические и лексические темы уроков, упражнения и задания.

Linguistic and Methodological Foundation of Astronaut Training in the Russian Language at the Gagarin Cosmonaut Training Center. I.V. Suprun

The article presents linguistic and methodological foundation for the system of the Russian language instruction during astronaut training for a space flight in Russia, specifies language instructional techniques used in the course of astronaut training as a means of professional communication.

Keywords: astronaut training in the Russian language, situation of speech communication, communicative needs, selection of teaching material, speaking skills, grammatical and lexical topics of the lessons, exercises and assignments.

В последние десятилетия экипаж транспортного пилотируемого корабля (ТПК) включает не только российских космонавтов, но и иностранных членов экипажа – астронавтов других стран. Язык операционного общения на корабле «Союз» – русский, поэтому при выполнении полетных операций члены экипажа должны говорить по-русски.

К сожалению, уровень подготовки по русскому языку астронавтов не всегда позволяет им без затруднений общаться с членами экипажа, а также вести радиопереговоры с Землей на этапах выведения ТПК, автономного полета и спуска. Поэтому повышение качества подготовки иностранных членов экипажа по русскому языку занимает важное место в подготовке экипажа в целом.

Таким образом, необходимость повышения уровня коммуникативной компетенции астронавтов по русскому языку, проходящих подготовку к полету по программе Международной космической станции (МКС), потребовала корректировки методики преподавания такой дисциплины, как русский язык.

Учитывая то, что астронавты зачастую имеют недостаточный уровень начальной языковой подготовки, а учебное время непродолжительно, коллектив преподавателей русского языка Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) пошел по пути оптимизации учебного процесса обучения иностранцев русскому языку.

Как известно, оптимизация учебного процесса преподавания иностранного языка предполагает наличие строго выверенного реестра коммуникативных потребностей обучаемых и тщательный, в соответствии с реестром, отбор учебного

материала, владение которым позволит обучаемым реализовать коммуникативные потребности в условиях реального общения.

В ЦПК изучение дисциплины «Русский язык» имеет целью подготовить астронавтов к речевой деятельности на русском языке в учебно-профессиональной и социально-культурной сферах общения. На практических занятиях данная цель может быть достигнута:

- путем активизации ранее изученной и усвоения новой лексики (в основном на базе языка специальности);
- путем систематизации ранее изученного грамматического материала и изучением частотных для языка специальности лексико-грамматических конструкций;
- совершенствованием имеющихся и формированием новых речевых навыков и умений за счет включения обучаемых в расширенные сферы коммуникативной и познавательной деятельности на русском языке.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

- иметь представление о грамматическом строе русского языка, о стилевых особенностях русской речи;
- знать лексико-грамматический материал, предусмотренный программой по дисциплине «Русский язык», а также стилевые особенности текстов бортовой документации и устной речи учебно-профессионального общения (в рамках тренировок на тренажерах).

Чтобы обосновать приоритетность формирования речевых навыков, приведем реестр ситуаций, в которых астронавты осуществляют речевую деятельность на русском языке в процессе подготовки в России. Эти ситуации следующие:

- лекция по специальной дисциплине;
- семинар, консультация;
- зачет или экзамен;
- практическое занятие по подготовке к тренировке на тренажере (т.н. занятие-инструктаж);
- практическое занятие на тренажере под руководством преподавателя;
- тренировка на тренажере, имитирующая работу экипажа во время полета.¹

Анализ форм коммуникативной деятельности в рамках вышеназванных ситуаций позволяет говорить о необходимости формировать, развивать и совершенствовать на занятиях по русскому языку навыки и умения видов речевой деятельности (ВРД) в такой приоритетной последовательности: аудирование, говорение, чтение, письмо [1].

Так, при аудировании астронавт должен иметь навыки понимания указаний инструкторов ЦПК, определения важных смысловых моментов содержания звучащего текста профессиональной тематики, понимания реплик диалогической речи во время тренировок и в реальном полете.

При чтении требуются навыки владения изучающим, ознакомительным и просмотровым чтением, а также навыки оперирования сжатым информативным содержанием текста в целях реальной коммуникации с опорой на его письменную фиксацию [2].

¹ Подготовку к занятиям по выживанию на суше и на воде и сами эти занятия можно отнести к двум последним в данном списке ситуациям с точки зрения их речевого наполнения.

При говорении необходимо в рамках диалога-беседы, диалога-расспроса и реже полилога наличие навыков последовательного, связного, логичного выражения своих мыслей; в рамках монологической речи – навыков краткого изложения идеи и основного содержания воспринятой информации, а также самостоятельного сообщения на заданную тему, включая и комментирование информации.

Навыки письма должны обеспечить запись цифровых данных для доклада-репортажа (по форме 03), составление микротекста (в виде SMS).

Такой комплекс навыков, по мнению автора, является обязательным минимумом, обеспечивающим иностранному члену экипажа незатруднительное речевое участие в профессиональном общении как в процессе подготовки к полету, так и во время полета.

Для определения тематики, объема текстового учебного материала был выполнен срез языкового наполнения перечисленных форм коммуникативной деятельности. Исследования показали, что текстовый материал, над которым работает данная категория обучаемых, может быть отнесен к подстилям книжных стилей – научно-техническому, профессионально-деловому, а также к подстилю устной речи – профессионально-разговорному. Другими словами, научно-технический подстиль функционирует в рамках лекционных занятий, частично занятий-семинаров, консультаций и занятий-инструктажей, а профессионально-деловой и профессионально-разговорный подстили – в основном в рамках практических занятий.²

Следует подчеркнуть, что все вышеуказанные подстили имеют общую лексическую базу, обусловленную единой тематикой. Например, чтобы свободно ориентироваться в бортовой документации или вести радиорепортаж при выведении, сближении и стыковке, нужно успешно оперировать минимальным набором лексико-грамматических конструкций, частотных для языка специальных дисциплин, предусмотренных программой подготовки экипажа.

Коллектив преподавателей русского языка составил ряд учебно-методических пособий по русскому языку для астронавтов. Каждое из пособий направлено на отработку лексико-грамматического материала по определенной специальной дисциплине.

На занятиях по русскому языку в качестве учебного материала предлагаются уроки, включающие мини-тексты по специальности, упражнения и задания, направленные на отработку и закрепление в речи тематически актуального лексико-грамматического материала.³ Нельзя не сказать и о наличии интереса самих астронавтов к занятию по русскому языку, если учебный материал включает базовую лексику по той или иной дисциплине. По их мнению, изучение определенного набора лексико-грамматических единиц, слушание/чтение текстов по актуальной теме не только расширяет лексический запас по специальности, но и облегчает восприятие лекционного материала и сдачу экзамена или зачета.

Чтобы проиллюстрировать вышесказанное, остановимся подробнее на методике проведения занятий по русскому языку с использованием текстового материала дисциплины «Комплекс средств обеспечения жизнедеятельности (КСОЖ) ТПК».

² Исходя из особенностей реальной коммуникации, нельзя отрицать условность такой классификации, составленной в учебно-методических целях.

³ Важным условием достижения эффективности работы по пособию является подача материала с опережением относительно занятий по специальности.

Тематика уроков следующая [3]:

– урок 1. Грамматическая тема (Гр.т.): Выражение цели в простом и сложном предложении (параллельные конструкции). Конструкции предложений со значением состава (синонимия). Лексическая тема (Л.т.): Назначение, состав и характеристика КСОЖ;⁴

– урок 2. Гр.т.: Количественные числительные (дробные). Конструкции предложений со значением состава и предназначения (синонимия). Л.т.: Комплекс средств спасения (КСС);

– урок 3. Гр.т.: Активные и пассивные предложения (параллельные конструкции). Выражение цели в сложном предложении. Л.т.: Система очистки газового состава;

– урок 4. Гр.т.: Дательный падеж в значении субъекта и инструмента действия (сопоставление). Конструкции со значением способа действия. Л.т.: Работа средств водоснабжения;

– урок 5. Гр.т.: Конструкции со значением условия (синонимия). Л.т.: Электропневмоклапан регулирования давления;

– урок 6. Гр.т.: Конструкции со значением назначения состава квалификации (синонимия). Л.т.: Средства контроля герметичности стыка: назначение, технические данные и состав;

– урок 7. Гр.т.: Количественные числительные. Сочетание числительных с существительными, обозначающими единицы измерения. Л.т.: Ассенизационно-санитарное устройство ТПК;

– урок 8. Гр.т.: Конструкции со значением места и направления. Активные и пассивные предложения как параллельные конструкции. Л.т.: Принцип действия скафандра «Сокол КВ-2».

Типовая структура урока включает:

- тексты, объединенные лексической темой урока;
- словник к текстам урока;
- предтекстовые и притекстовые упражнения и задания;
- послетекстовые задания.

Предтекстовые упражнения и задания предполагают снятие лексических трудностей, которые могут возникнуть при восприятии учебного текста. Это достигается путем введения и закрепления новой лексики, отработки типовых способов словообразования, характерных для специальной лексики данной тематики, а также заучивания акронимов. Например, предлагаются задания:

– «Прочитайте слова и словосочетания и их перевод, незнакомые вам слова запишите в свой словарь»;

– «Запомните способы образования прилагательных от существительных. Образуйте прилагательные от существительных, используя указанную модель словообразования. Прочитайте словосочетания «прилагательное + существительное», раскрывая скобки: (*штатный, рабочий*) *положение переключателя* → *штатное, рабочее положение переключателя*»;

– «Запомните способы образования существительных от глаголов. Образуйте существительные от глаголов, используя указанную модель словообразования. Перестройте словосочетания «глагол + существительное» в словосочетание «отглагольное существительное + существительное»: *выполнить задачу* → *выполнение задачи*»;

⁴ Тексты составлены с учетом рекомендаций преподавателей по специальным дисциплинам, грамматическая тема урока обусловлена языковым и речевым наполнением текстов.

– «Прочитайте и запомните значение данных акронимов. Слушайте словосочетания и пишите акронимы».

Также могут предлагаться упражнения на повторение падежных форм именных частей речи (прилагательных, существительных и числительных), значений причастий и другого грамматического материала:

– «Повторите падежи и глагольное управление. Прочитайте предложения, используя словосочетания в скобках в правильной форме: *Положение «АВТОМ.» является (чем? → штатное рабочее положение) переключателя → ... является штатным, рабочим положением переключателя.*

– «Прочитайте словосочетания. Объясните значение причастия с помощью синонимичной конструкции по образцу: *экипаж, выполняющий полет → экипаж, который выполняет полет.*

– «Прочитайте предложения, используя вместо пропуска нужную форму предиката из данных справа: *Бортинженер контролирует, чтобы переключатель (стоять/стоял) в положении «АВТОМАТ». Чтобы (сохранить/сохранил) ресурс патронов, с их выхода большие заглушки не снимаются.*

Текстовый материал дисциплины «КСОЖ ТПК «Союз» обусловил и повторение правил сочетания числительных с существительными, в том числе существительных, обозначающих единицы измерения:

– «Прочитайте цифры, используя образец: *двадцать три целых и пять десятых (23,5) или двадцать три и пять.*»

– «Прочитайте словосочетания по образцу: *400 м → четыреста метров; 400,5 м → четыреста с половиной метров; 400,12 м → четыреста (целых) и двенадцать (сотых) метра.*»

– «Прочитайте таблицу. Повторите правило сочетания числительных с существительными».

После подготовительной работы, а именно, выполнения предтекстовых упражнений и заданий, предлагается небольшой по объему текст (в уроке их может быть несколько). Восприятие текста сопровождается такими заданиями:

– «Прослушайте текст и дайте ответ на вопрос»;

– «Слушайте текст и пишите цифровые данные»;

– «Прочитайте текст, вместо пропусков поставьте записанные вами цифры» (после прослушивания текста).

Притекстовая работа нацелена на отработку отдельных лексико-грамматических моментов, заключенных в тексте.

Они могут вводиться рубрикой «Запомните!»:

обеспечивать – обеспечить + что

≈ предназначаться / предназначен для чего

Например: *обеспечивать спасение ≈ предназначен для спасения*

Но нельзя: *предназначен для давления.*

Нужно: *предназначен для поддержания давления.*

Затем этот материал закрепляется в упражнениях:

– «Выполните по образцу: *Комплекс предназначен для спасения экипажа при разгерметизации аппарата. → Комплекс обеспечивает спасение экипажа ...*»;

– «Составьте предложения, используя предикаты «предназначен» или «обеспечивать»: *Комплекс ⇒ спасение экипажа; разгерметизация СА → Комплекс обеспечивает спасение экипажа при разгерметизации.*

Значительное место занимают упражнения на наблюдение и отработку в речи так называемых параллельных и синонимичных конструкций, частотных для научного стиля.

Эти задания имеют рубрику «Обратите внимание!»:

Данные конструкции предложений могут быть синонимичны:

в состав чего входит что

≈ *что состоит из чего*

Например:

В состав КСОЖ ТПК входят комплексы различных средств.

≈ *КСОЖ ТПК состоит из комплексов различных средств.*

Затем выполняются упражнения с формулировкой:

– «Передайте данную информацию по-другому, используя синонимичные конструкции: *В состав КСОЖ ТПК входят комплексы различных средств* ≈ *КСОЖ ТПК состоит из ...*»;

– «Составьте предложения, используя модели из таблицы: *Комплекс ⇒ средства подачи газовой смеси, комплект индивидуального защитного снаряжения, автоматика* → *В комплекс входят средства подачи газовой смеси, комплект индивидуального защитного снаряжения, автоматика.* / *Комплекс состоит из средств подачи газовой смеси, комплекта индивидуального защитного снаряжения, автоматика*».

Послетекстовая работа дает возможность закрепить изученный лексико-грамматический материал путем организации подготовленного и неподготовленного говорения. В этих целях даются такие задания, как закончить предложения, используя содержание текста; сформулировать вопросы к тексту и т.п.

Контроль усвоения предложенного учебного материала осуществляется в заключительных заданиях к тексту, например:

– «Смотрите иллюстрации к данному уроку и называйте по-русски элементы системы водообеспечения корабля. В случае затруднения используйте слова для справок».

– «Дайте ответы на вопросы, используя содержание текста»;

– «Передайте основное содержание текстов урока, используя схему и следующие словосочетания».

Добавим, что использование на занятиях уроков такого типа способствует расширению и закреплению лексико-грамматического материала с одновременным формированием и совершенствованием навыков монологической и диалогической речи, причем последняя осуществляется преимущественно в вопросно-ответной форме. Благодаря применению такого методического подхода у обучаемых формируется языковая и речевая основа их коммуникативной компетенции.

Помимо этого аспекта преподавания русского языка астронавтам существует другой, не менее, а, может, и более важный аспект – непосредственная подготовка к речевому участию во время тренировки на тренажере.

В результате изучения тематического, языкового и речевого содержания практических занятий с использованием тренажеров⁵ был составлен для занятий по русскому языку с астронавтами учебный материал следующей тематики:

⁵ Данные исследования проводились как во время занятий, так и в процессе просмотра видеоматериалов комплексных экзаменационных тренировок.

– Гр.т.: Образование существительных от прилагательных (суффикс *-ость*). Функционирование однокоренных существительных и прилагательных в речи (*дальний, дальность*). Безличные предложения со словом *нужно*. Л.т.: Сближение на тренажере;

– Гр.т.: Видо-временные формы глаголов. Императив. Сочетание количественных (целых и дробных) числительных с существительными. Л.т.: Причаливание в нештатной ситуации;

– Гр.т.: Видо-временные формы глаголов. Образование и значение пассивных причастий совершенного вида. Пассивные конструкции. Л.т.: Стыковка в нештатной ситуации;

– Гр.т.: Видо-временные формы глаголов. Образование и значение пассивных причастий совершенного вида. Пассивные конструкции. Предложения типа «Есть подвод!». Л.т.: Доклад при выполнении ручного управления (РУ) во время перестыковки;

– Гр.т.: Видо-временные формы глаголов. Краткая форма прилагательного. Функционирование полных и кратких прилагательных в речи (*стабильный, стабилен*). Л.т.: Срочный спуск. Доклад.

Как видно из тематики занятий, астронавты изучают и отрабатывают такой жанр профессионального общения, как доклад-репортаж⁶. При этом отрабатываются и закрепляются в речи частотные лексико-грамматические конструкции и фразы, например: *Герметичность скафандров проверена. Скафандры герметичны. На данный момент давление в БО – 620 мм / стабильно / упало. В 20:15:00 (двадцать пятнадцать ноль-ноль) перешли на автономное питание.*

Особое внимание на занятии по русскому языку с астронавтами в период тренировок на тренажерах отводится составлению доклада по заданной форме. Это предполагает в первую очередь восприятие на слух и одновременную письменную фиксацию цифровых данных (параметров) с последующей передачей их на Землю по радио. Данный вид работы проходит с постепенным усложнением: вначале астронавты слушают, пишут с голоса преподавателя, затем используются аудио- и видеоматериалы, с помощью которых создается ситуация, максимально приближенная к условиям тренировок на тренажерах или к реальным условиям полета.

В заключение можно сказать, что методика подготовки астронавтов по русскому языку в целях профессионального общения должна строиться на основе тщательного отбора учебного материала с учетом коммуникативного содержания актуальных для обучаемых речевых ситуаций. Без сомнения, только следование этим требованиям повышает мотивацию в изучении дисциплины, что является важным условием эффективности ее преподавания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Методы и технологии обучения русскому языку как иностранному / Капитонова Т.И., Московкин Л.В., Шукин А.Н.; под ред. А.Н. Шукина. – М.: Русский язык. Курсы, 2009. – С. 65.
- [2] Методика преподавания русского языка как иностранного // Русский язык и литература в общении народов мира. VII международный конгресс преподавателей русского языка и литературы. – М.: Русский язык, 1990. – С. 203.
- [3] Супрун И.В., Кириленко Е.А. Сборник текстов, упражнений и заданий по русскому языку на материале дисциплины «Комплекс системы обеспечения жизнедеятельности (КСОЖ) ТПК «Союз». – Звездный городок, 2015. – 55 с.

⁶ Доклад-репортаж ведется экипажем во время предстартового осмотра корабля, при выведении на орбиту, при автономном полете, сближении и стыковке.

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.78

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАТОПЛЕНИЯ ОРБИТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «МИР».

Ю.И. Маленченко, В.И. Ярополов, А.А. Курицын

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ Ю.И. Маленченко;
докт. техн. наук В.И. Ярополов; докт. техн. наук А.А. Курицын
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Пилотируемый орбитальный комплекс «Мир» (ОК «Мир») являлся сложнейшим и уникальным техническим объектом XX века, созданным в СССР и России, существовавшим в космосе с февраля 1986 года по март 2001 года. В конце XX века ОК «Мир», включавший в себя 7 уникальных модулей, стал настоящей международной космической лабораторией. Также уникальность «Мира» была и в том, что до создания МКС это был крупнейший технический объект, созданный человеком и человечеством вне Земли. После 13 лет существования, в августе 1999 года, после возвращения на Землю очередной экспедиции, комплекс был переведен в режим беспилотного полета, и возникла дискуссия о необходимости его ликвидации. В статье рассматриваются основные результаты полета ОК «Мир» и вопросы, решаемые в космической отрасли России в 1999 году о продлении эксплуатации комплекса или его затоплении.

Ключевые слова: пилотируемый орбитальный комплекс «Мир», модуль, пилотируемый транспортный корабль, международные космические программы.

Historical Aspects of Sinking the Orbital Complex “Mir”.

Yu.I. Malenchenko, V.I. Yaroplov, A.A. Kuritsyn

Manned Orbital Complex Mir (OC Mir) was the most complicated and unique technical object of the 20th century, created in the USSR and Russia and operated in space from February, 1986 through March, 2001. At the end of the 20th century, the OC Mir, comprised of 7 peculiar modules, became the real international space laboratory. Besides, before putting into operation the ISS Mir was the largest man-made engineering object in space, and this fact is another manifestation of its uniqueness. In August, 1999, upon 13 years of operation, the complex was put in unmanned flight mode after the regular crew returned on Earth. In this connection, a discussion about the need to liquidate Mir arose. The paper discusses the main results of the OC Mir mission and the tough process of making a decision on further operation of Mir or plunging it into ocean.

Keywords: manned orbital complex Mir, module, manned transport vehicle.

Основные результаты полета ОК «Мир»

Развертывание ОК «Мир» было начато в феврале 1986 года. Оно велось последовательными шагами путем постепенного наращивания модулей вплоть до окончания завершенной конструкции комплекса [7].

За время существования ОК «Мир» принял на свой борт 28 пилотируемых транспортных кораблей типа «Союз Т» и «Союз ТМ» и 58 транспортных грузовых кораблей типа «Прогресс» и «Прогресс М». 9 раз к «Миру» стыковался американский корабль «Спейс Шаттл».

На борту комплекса в составе основных экспедиций и экспедиций посещения побывали 60 космонавтов: 44 из них были на станции 1 раз, 13 – 2 раза, а космонавты Авдеев Сергей Васильевич, Викторенко Александр Степанович и Соловьев Анатолий Яковлевич совершили полеты на ОК «Мир» соответственно 3, 4 и 5 раз.

Время пребывания космонавтов на ОК «Мир» изменялось в широких пределах: от 8 суток в составе экспедиций посещения до 438 суток в составе основных экспедиций. Однако преобладающая длительность полетов находилась в диапазоне от 4 до 7 месяцев (рис. 1).

Т полета, суток

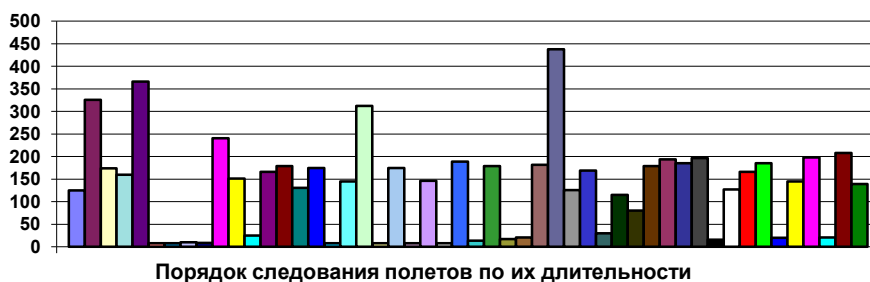


Рис. 1. Продолжительность полетов экспедиций ОК «Мир»

Такой широкий диапазон длительностей полетов позволял проводить исследования деятельности космонавтов, начиная с изучения их возможностей по выполнению работ на первых витках полета и вплоть до изучения поведения организма человека в полетах длительностью более года.

За 15 лет существования комплекса он был оснащен большим объемом уникальной российской и зарубежной аппаратуры для проведения технических, материаловедческих, технологических, геофизических, астрофизических, природно-ресурсных, экологических, биотехнологических, биологических и медицинских исследований и экспериментов. К окончанию своего существования на борту ОК «Мир» находилось 11,5 тонн ценнейшей научной аппаратуры из 25 стран мира. Эта аппаратура позволяла экипажам решать широкий спектр задач в интересах развития науки, экономики, социальной сферы, создания и совершенствования космических систем и технологий. К их числу относятся:

- контроль и прогнозирование возникновения и развития чрезвычайных ситуаций социального, природного и техногенного характера и оценка их последствий;
- постоянный и оперативный контроль экологической обстановки отдельных зон, регионов и государств в целом;
- разведка природных ресурсов;
- контроль и прогнозирование состояния агресурсов;
- производство в космосе новых материалов, биопрепаратов и т.п.;
- изучение солнечной активности и явлений в средней и верхней атмосферах;
- исследования внеатмосферных источников излучения;
- наблюдение звезд и околоземных объектов;
- проведение фундаментальных исследований влияния факторов космического полета на организм человека;
- поиск, обнаружение и выдача координат местоположения разыскиваемых наземных и морских объектов, терпящих бедствие на море или на суше.

Используя имеющуюся аппаратуру, экипажи выполняли за один полет от нескольких десятков до 120–130 различных видов исследований и экспериментов, проводя при этом до нескольких тысяч сеансов связанных с ними работ.

Опыт эксплуатации орбитального комплекса «Мир» показал также, что он мог использоваться для решения таких задач, как:

- предварительная отработка и испытания при создании перспективных беспилотных и пилотируемых космических средств их бортовой аппаратуры и оборудования, а также технологии их применения в условиях реального космического полета, оперативный анализ в процессе полета текущих результатов их испытаний и осуществление в соответствии с ним коррекции программ и методик испытаний;
- сборка, монтаж и эксплуатационное обслуживание в космосе специальных крупногабаритных конструкций в интересах создания перспективных космических систем;
- выявление космонавтами дополнительных информативных признаков наблюдаемых объектов и явлений;
- установка на борт, дооснащение, модификация, техническое обслуживание и ремонт аппаратуры и оборудования.

Как известно, ОК «Мир» первоначально был рассчитан на 5 лет активного существования. Между тем, по состоянию на 1999 г. он активно использовался уже 13-й год. За это время на борту комплекса возникало множество проблем, связанных как с его эксплуатацией, так и с использованием комплекса по назначению. Разработчики орбитального комплекса «Мир» и эксплуатирующий его персонал в связи с этим вынуждены были искать способы разрешения этих проблем. В результате комплекс превратился в своеобразный полигон для разработки новых технических решений и новых космических технологий в интересах эксплуатации и использования перспективных космических средств. Не случайно многое из того, что было отработано на орбитальном комплексе «Мир» пошло в задел для Международной космической станции. Однако в этом отношении возможности комплекса не были исчерпаны. И многое из того, что еще могло произойти на ОК «Мир» в будущем, когда он по выработке ресурса приблизился бы к установленному сроку активного существования Международной космической станции (15 лет) или даже вышел за него, могло быть использовано в интересах МКС, включая и вопросы продления срока ее активного существования за пределы установленных 15 лет (как это сейчас и происходит).

Пилотируемые полеты по международным космическим программам на ОК «Мир» выполнялись практически в процессе всего периода ее существования. Уже в 1987 году был выполнен первый полет по международной программе. За 15 лет существования станции было выполнено в общей сложности 22 таких полета (табл. 1). При этом их общая продолжительность составила 3,8 года, что составляет 30 % общего времени существования орбитального комплекса «Мир». Если на начальном этапе полеты по международным программам были кратковременными (длительностью в несколько суток), то последние полеты были в основном длительными (длительностью в несколько месяцев). За время существования ОК «Мир» на ее борту работали представители 9 зарубежных стран (Австрии, Афганистана, Болгарии, Великобритании, Германии, Сирии, США, Франции, Японии), при этом представители некоторых стран (Германии, США, Франции) имели возможность совершить такие полеты многократно (4–7 раз).

Таблица 1

Пилотируемые полеты по международным космическим программам на орбитальном комплексе «Мир»

Страна	Общее число полетов	Годы полетов	Продолжительность полета, сут.	Общий налет, сут.
Сирия	1	1987	8	8
Болгария	1	1988	10	10
Афганистан	1	1988	8	8
Франция	5	1988	25	97
		1992	14	
		1994	21	
		1996	16	
		1998	21	
Япония	1	1990	8	8
Великобритания	1	1991	8	8
Австрия	1	1991	8	8
Германия	2	1992	8	38
		1994	30	
ЕКА	2	1995/96	179	199
		1997	20	
США	7	1995	115	999
		1996	184	
		1996/97	127	
		1997	166	
		1997	145	
		1997/98	123	
		1998	139	

Два полета были совершены по программе Европейского космического агентства и 7 полетов – по программе «Мир–Шаттл». В полетах по программе «Мир–Шаттл» с экипажами ОК «Мир» совместно работали почти 50 астронавтов США, Канады и Франции. Общее количество космонавтов и астронавтов, прошедших подготовку в НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина по программе «Мир» и выполнивших полеты на борту комплекса, представлено на рисунке 2 [9].

Таким образом, орбитальный комплекс «Мир» фактически превратился из национального в международный.

Причины принятия решения о затоплении ОК «Мир»

Эксплуатация и использование ОК «Мир» в течение около 15 лет при заложенном в проекте сроке ее активного существования 5 лет актуализировал вопрос о техническом состоянии на момент принятия решения о его затоплении [10].

С начала 90-х годов выполнение программы пилотируемых космических полетов на ОК «Мир» осуществлялось на фоне постепенного ухудшения его эксплуатационно-технических характеристик. Многомодульность конструкции, большое по сравнению со станциями предыдущего поколения количество систем и используемого оборудования, выработавших или вырабатывающих свой ресурс, обусловило (несмотря на приложение значительных усилий по проведению на борту комплекса профилактических и ремонтно-восстановительных работ) увеличение

количества отказов, сбоев и неисправностей. Особенно рекордным на всевозможные нештатные ситуации стал 1997 год. Так, только во время нахождения на борту экипажа 24-й основной экспедиции было зафиксировано 10 неполадок с бортовой вычислительной машиной. Неоднократное аварийное отключение бортового компьютера системы управления движением приводило к нарушению штатной ориентации комплекса, энергобаланса и, как следствие, к отключению от электропитания важных для жизнеобеспечения космонавтов энергоемких систем (системы очистки атмосферы «Воздух», системы обеспечения экипажа кислородом путем электролитического разложения воды «Электрон») и даже целых модулей («Квант-2», «Природа», «Кристалл») [7].

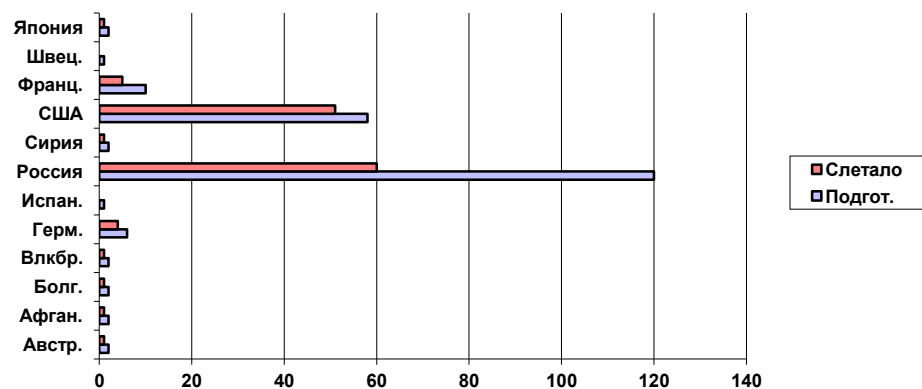


Рис. 2. Количество космонавтов и астронавтов, прошедших подготовку в России и выполнивших полеты на орбитальном комплексе «Мир»

В результате стала просматриваться устойчивая тенденция накопления негативных явлений, основными из которых являлись:

- периодическое возникновение по тем или иным причинам дефицита электроэнергии на борту, сопровождающегося введением режима ее экономии;
- нарушения температурно-влажностного режима внутри модулей (повышенная или пониженная температура, высокая влажность), постоянное выпадение конденсата из-за неудовлетворительной работы систем жизнеобеспечения и терморегулирования, появление плесени и грибков на корпусах приборов и оборудования, а также слизы в магистралях откачки конденсата;
- ухудшение санитарно-гигиенических условий пребывания космонавтов внутри комплекса;
- дефицит кислорода;
- вынужденные отказы от части запланированных исследований и экспериментов на борту комплекса;
- возрастание занятости экипажа проведением unplanned профилактических и ремонтно-восстановительных работ на борту (одной из основных задач экипажей стало поддержание на требуемом уровне технического состояния ОК «Мир») и др.

Положение особенно осложнилось после аварии 25 июня 1997 года, связанной со столкновением транспортного грузового корабля со станцией «Мир», разгерметизацией модуля «Спектр» и выводом из строя его солнечных батарей.

Вместе с тем, постоянное планирование на Земле и успешное проведение членами экипажей 23-й, 24-й и 25-й основных экспедиций значительного объема сложных работ по дооснащению, техническому обслуживанию и ремонту бортовых систем и оборудования комплекса позволило постепенно коренным образом изменить обстановку на борту станции. В качестве основных из этих работ можно выделить следующие:

- ремонт системы управления движением и контуров системы терморегулирования модулей;
- восстановление работоспособности солнечной батареи СБ-2 модуля «Спектр»;
- введение в работу новой установки системы очистки атмосферы «Воздух» в базовом блоке;
- ремонт системы «Электрон» в модуле «Квант» и ввод в строй новой системы «Электрон» в модуле «Квант-2» в качестве основного источника выработки кислорода путем электролитического разложения воды;
- перевод в штатную схему сборки системы регенерации воды из конденсата;
- введение в строй блока кондиционирования воздуха;
- ремонт бортовой ЭВМ;
- установка на ферме «Софора» модуля «Квант» новой выносной двигательной установки (ВДУ) с необходимыми запасами топлива;
- замена выработавших свой ресурс ряда агрегатов и блоков оборудования и систем (систем регенерации воды из урины и конденсата СРВ-У и СРВ-К, блока очистки атмосферы от вредных примесей и др.).

В результате проведенных работ состояние орбитального комплекса «Мир» к середине 1999 года можно было охарактеризовать как вполне удовлетворительное.

Так, например, по мнению экипажа основной экспедиции ЭО-25, завершившей свой полет в августе 1998 года, все системы жизнеобеспечения работоспособны и функционировали устойчиво. Системы терморегулирования обеспечивали поддержку комфортной температуры (около 25 °С). Существенно была снижена влажность атмосферы внутри станции (после введения в строй блока конденсации воды БКВ-3 она стала составлять не более 8 мм рт. ст.), в результате чего была снята острота проблемы постоянной борьбы с выпадением большого количества конденсата. Обе системы очистки атмосферы «Воздух» находились в работоспособном состоянии и позволяли поддерживать содержание углекислого газа в атмосфере станции на уровне 3–3,5 мм рт. ст. Система управления движением (СУД) за 208 суток полета экспедиции имела единственный отказ бортовой ЦВМ, который был быстро устранен. Претензий к работоспособности остальных систем комплекса у экипажа не было [7].

Благодаря замене выносной двигательной установки на несколько лет вперед была решена проблема с поддержкой требуемой ориентации комплекса, а, значит, и энергобаланса на ней (старая ВДУ проработала 3 года).

Состояние конструкции и бортовых систем ОК «Мир» позволял в полной мере обеспечить выполнение на ней программы научных исследований и экспериментов. Так, во время нахождения на борту комплекса экипажа основной экспедиции ЭО-25 заметно снизились (по сравнению с экипажем предыдущей основной экспедиции ЭО-24) затраты полетного времени на выполнение технического обслуживания бортовых систем (с 16 % у ЭО-24 до 9,85 % у ЭО-25). В то же время на выполнение программы научных экспериментов и исследований затрачено

14,47 % полетного времени (у экипажей ЭО-23 и ЭО-24 соответственно 9,8 % и 12,39 %). Такое перераспределение объясняется отсутствием необходимости проведения трудоемких и сложных ремонтно-восстановительных работ, какие имели место во время экспедиций ЭО-23 и ЭО-24 [7–8].

Хорошее состояние комплекса было отмечено американским астронавтом Чарли Прекуртом (командиром экипажа корабля «Дискавери» экспедиции STS-91), который был на орбитальном комплексе «Мир» во время экспедиции ЭО-25 в третий раз, а также заместителем генерального конструктора Ракетно-космической корпорации «Энергия» Валерием Рюминым, проводившим на станции ее инспекцию в составе экипажа экспедиции STS-91. По мнению Валерия Рюмина, высказанному им на коллегии Российского космического агентства 23 июля 1998 года, по состоянию на указанную дату орбитальный комплекс «Мир» мог бы надежно работать вплоть до 2005 года.

Несмотря на такие данные, в связи с созданием Международной космической станции (29 января 1998 года Россия вместе с 15 другими странами подписала в Вашингтоне межправительственное соглашение относительно сотрудничества по МКС) [1] на повестку дня был поставлен вопрос о прекращении работ по орбитальному комплексу «Мир». Постановка этого вопроса была связана в первую очередь с финансовыми трудностями в стране, делающими проблематичным одновременное финансирование сразу двух программ: «Мир» и МКС (так, только на финансирование программы МКС в 1999 году требовалось 1,7 млрд рублей, а на эксплуатацию орбитального комплекса «Мир» – ежегодно 240–250 млн долларов). Впервые вопрос о невозможности самостоятельного финансирования полета орбитального комплекса «Мир» был поставлен на Совете главных конструкторов в Ракетно-космической корпорации «Энергия» 26 июня 1998 года. Обе названные программы требовали параллельного использования транспортных и грузовых кораблей, что существенно увеличивало их расход (по плану в 1999 году – на 2 корабля «Прогресс М1» и в 2000 году – на 9 кораблей: 2 корабля «Союз ТМ», 1 корабль «Союз ТМА», 2 корабля «Прогресс М» и 4 корабля «Прогресс М1») [5]. Между тем, 8 июня 1998 года расстыковкой американского корабля «Дискавери» с ОК «Мир» закончилась четырехлетняя российско-американская программа «Мир–НАСА» (полеты американских астронавтов на орбитальном комплексе «Мир»). В рамках этой программы российская сторона получила в общей сумме 473 млн долларов, а также возможность экономии 9 российских грузовых кораблей типа «Прогресс» – плановые грузы доставляли на «Мир» американские корабли «Спейс Шаттл». Благодаря этому сотрудничеству удавалось обеспечивать полноценное функционирование орбитального комплекса «Мир». С завершением программы «Мир–НАСА» со всей остротой встал вопрос финансирования программы «Мир». Стала актуальной проблема производственных мощностей по изготовлению транспортных и грузовых кораблей, а также по изготовлению соответствующего числа ракет-носителей. Нельзя также не учитывать тот факт, что обеими программами занимались практически одни и те же люди. А это приводило к значительным перегрузкам в их деятельности и могло вести к срыву сроков проведения работ и, прежде всего, по Международной космической станции [3–4].

Принятие решения о затоплении ОК «Мир»

Принимая во внимание указанные выше обстоятельства, в сентябре 1998 года Российское космическое агентство подтвердило НАСА свой план затопления станции «Мир» в июне 1999 года.

Обращает на себя внимание тот факт, что принятие столь важного государственного решения, как затопление орбитальной станции «Мир», было сделано без должного обсуждения и без проведения независимой экспертизы. Данный вопрос на Межведомственной экспертной комиссии по космосу не рассматривался, постановления Правительства РФ по данному вопросу не было. Был только протокол от 22 июля 1998 года № БН-П7-124пр, подписанный заместителем председателя правительства (в то время) Борисом Немцовым (первое заседание у Бориса Немцова с участием представителей РКА, космических предприятий и Министерства финансов, где как раз и было принято решение о затоплении комплекса «Мир» в июне-июле 1999 года, состоялось 2 июля 1998 года) [10].

В соответствии с уточненной программой полета ОК «Мир» на завершающем этапе работ предлагался следующий порядок затопления комплекса [5].

В октябре 1998 года выводится грузовой корабль № 239, с помощью которого выполняется коррекция на понижение орбиты станции с выдачей импульса $V_x = 10$ м/с из расчета выработки 200 кг топлива сближающе-корректирующей двигательной установкой (СКД) с выдачей импульса $V_x = 4$ м/с и 300 кг топлива двигателями причаливания и ориентации (ДПО) из баков объединенной двигательной установки (ОДУ) и баков двигателя грузового корабля с выдачей импульса $V_x = 6$ м/с. При этом высота орбиты станции будет составлять около 330 км.

В марте 1999 года выводится грузовой корабль № 241, с помощью которого выполняется коррекция на понижение орбиты станции с выдачей импульса $V_x = 10$ м/с из расчета выработки 200 кг топлива сближающе-корректирующей двигательной установкой с выдачей импульса $V_x = 4$ м/с и 300 кг топлива двигателями причаливания и ориентации из баков объединенной двигательной установки и баков двигателя грузового корабля с выдачей импульса $V_x = 6$ м/с. Кроме того, около 300 кг топлива для выдачи импульса $V_x = 6$ м/с перекачивается в станцию. При этом высота орбиты станции составляет около 300 км.

В апреле 1999 года планировался запуск корабля «Прогресс М1» № 250. С помощью этого корабля выдаются импульс на торможение $V_x = 41$ м/с, 8 импульсов по 3 м/с (1150 кг) и импульс на затопление станции $V_x = 17,3$ м/с (800 кг).

Однако весь этот план в значительной мере зависел от состояния верхней атмосферы в период проведения работ по затоплению станции. В связи с высокой солнечной активностью плотность верхней атмосферы была близка к максимальной, ОК «Мир» активно тормозился, и стоял вопрос, что потребует не торможение, а даже выдача импульса на подъем орбиты, чтобы предотвратить сход «Мира» с орбиты и падение его на Землю даже до июня 1999 года.

В соответствии с планом затопления комплекса в 1999 году сокращалась национальная научная программа. Не выполнялись эксперименты «Модуль-М», «Компас-1» и «Трос-1».

По этому плану станция до выдачи последнего тормозного импульса находилась в пилотируемом режиме. Экипаж должен был покинуть станцию за 5–7 суток до входа ОК «Мир» в плотные слои атмосферы. В течение оставшегося времени комплекс находится в автоматическом режиме. Было стремление, чтобы экипаж находился там как можно дольше, поскольку это выгодно с точки зрения решения

полетных проблем на конечном этапе полета «Мира». С другой стороны, усложнялось обеспечение безопасности экипажа на этом критическом участке полета.

Несмотря на наличие проблем, связанных с одновременным выполнением программ «Мир» и МКС, затопление ОК «Мир» в июне 1999 года было решено считать преждевременным по целому ряду обстоятельств.

Прежде всего, было принято во внимание, что пилотируемые полеты на МКС могут быть начаты не ранее января 2000 года. При этом неперенными условиями их начала являлись [1]:

- успешное выведение на орбиту функционально-грузового блока (ФГБ);
- успешная активация ФГБ, его положительная сертификация по результатам проверки функционирования;
- невыход за пределы максимальной длительности автономного полета ФГБ до момента запуска служебного модуля (СМ);
- успешное выведение на орбиту СМ;
- успешная активация СМ, его положительная сертификация по результатам проверки функционирования;
- осуществление сближения, причаливания и стыковки СМ с ФГБ (включая проверку интерфейсов);
- успешное выведение на орбиту корабля «Союз ТМ» с экипажем на борту;
- возможность выполнения кораблем «Союз ТМ» запланированной программы полета;
- осуществление сближения, причаливания и стыковки корабля «Союз ТМ» с СМ;
- переход экипажа с корабля «Союз ТМ» в СМ.

Расчет вероятности начала пилотируемых полетов на МКС [11]

Как известно, выведение ФГБ и СМ на орбиту осуществлялось с помощью ракеты-носителя (РН) «Протон». Надежность РН «Протон» (первые три ступени в составе ракеты) по статистике всех запусков составляла 0,9615 (по состоянию на 01.06.98 г.) [2–4].

Выведение на орбиту корабля «Союз ТМ» осуществлялось с помощью РН «Союз», надежность которой составляла 0,9728 (по состоянию на 01.06.97 г.).

После выведения на орбиту пилотируемого транспортного корабля или модулей орбитальной станции их дальнейшее использование по программе полета было возможно лишь при условии нормального функционирования. За время использования орбитальных станций типа «Салют» и «Мир» на орбиту было выведено 13 модулей орбитальных станций, 40 пилотируемых транспортных кораблей типа «Союз», 15 кораблей типа «Союз Т» и 27 кораблей типа «Союз ТМ». Из них после вывода на орбиту оказались непригодными для выполнения намеченной программы полета корабль «Союз-33» (отказ основной двигательной установки корабля) и станция «Салют-2» (невозможность стабилизации станции). В результате, возможность выполнения выведенными на орбиту модулями станции и пилотируемыми транспортными кораблями запланированной программы полета могла быть оценена на уровне 0,9789.

Надежность стыковки беспилотных модулей МКС могла быть оценена по результатам стыковки транспортных грузовых кораблей типа «Прогресс» и «Прогресс М», а также по результатам стыковки модулей ОК «Мир» в процессе ее развертывания. Полетная статистика характеризовалась здесь следующими данными:

– всего было запущено 43 корабля типа «Прогресс», все они были успешно состыкованы со станцией;

– кораблей типа «Прогресс М» было запущено 38, из них корабль «Прогресс М-24» был состыкован только с 3-й попытки, причем с использованием телеоператорного режима управления (ТОРУ) экипажем станции.

Применительно к стыковке ФГБ и СМ, которые должны стыковаться при отсутствии экипажа на их борту, использование ТОРУ исключается. Поэтому полет транспортного грузового корабля «Прогресс М-24» к станции следует считать как неуспешный с точки зрения операции стыковки в беспилотном варианте. Таким образом, из 81-й попытки стыковки транспортных грузовых кораблей со станцией одну следует считать несостоявшейся. К успешным стыковкам беспилотных модулей следует также отнести еще 5 стыковок модулей ОК «Мир». Отсюда следует, что надежность стыковки беспилотных модулей составляла 0,9884.

Следует заметить, что осуществление стыковки ФГБ и СМ находилось в определенной зависимости от сроков запуска СМ, который был намечен на июль 1999 года. В случае переноса срока запуска СМ на более позднее время была возможна ситуация выхода за пределы максимальной длительности автономного полета ФГБ до момента запуска СМ, что ставило под сомнение весь начальный процесс развертывания МКС. К сожалению, количественно оценить такой ход событий не представлялось возможным.

Что касалось операций стыковки пилотируемых транспортных кораблей типа «Союз», «Союз Т» и «Союз ТМ», то здесь статистика была следующая:

– всего было запланировано 32 стыковки кораблей «Союз» между собой или с орбитальными станциями типа «Салют», из которых 7 стыковок не было выполнено по причине отказов бортовой аппаратуры или ошибок экипажа;

– по кораблям «Союз Т» было запланировано 15 стыковок с орбитальными станциями «Салют» и «Мир», из них не была выполнена только 1 стыковка из-за отказа бортовой аппаратуры;

– применительно к кораблям «Союз ТМ» было запланировано 27 стыковок, все из которых были успешными.

Учитывая тот факт, что система сближения, причаливания и стыковки, которая стояла на кораблях типа «Союз», существенно отличалась от системы сближения, причаливания и стыковки, установленной на кораблях типа «Союз Т» и «Союз ТМ», использовавшихся в то время, в том числе и на орбитальном комплексе «Мир», статистические данные по стыковкам кораблей типа «Союз» не учитывались. Таким образом, надежность стыковки пилотируемых транспортных кораблей со станцией на июль 1999 года составляла 0,9762.

Нельзя также абсолютно гарантировать переход экипажа с транспортного корабля на борт станции после стыковки. Так, например, при полете корабля «Союз-10» к станции «Салют» их стыковка состоялась. Однако переход экипажа на станцию не мог быть осуществлен из-за невыполнения операции стягивания стыка. Этот случай был единственным на все 74 операции стыковки пилотируемых кораблей. Таким образом, надежность операции перехода экипажа с корабля на станцию может быть оценена как 0,9865.

Подводя итог оценке вероятности начала пилотируемых полетов на МКС в запланированном варианте и в установленные сроки, можно сказать, что она не превышала величины 0,803, что далеко не вселяло уверенности в успехе этой операции (табл. 2).

Таблица 2

Необходимые условия для начала осуществления пилотируемых полетов на МКС в запланированном варианте и в установленные сроки

Условие	Вероятность выполнения
Успешное выведение на орбиту функционально-грузового блока (ФГБ)	0,9615
Успешная активация ФГБ, его положительная сертификация по результатам проверки функционирования	0,9789
Невыход за пределы максимальной длительности автономного полета ФГБ до момента запуска СМ	Данные отсутствуют
Успешное выведение на орбиту служебного модуля (СМ)	0,9615
Успешная активация СМ, его положительная сертификация по результатам проверки функционирования	0,9789
Осуществление сближения, причаливания и стыковки СМ с ФГБ (включая проверку интерфейсов)	0,9884
Успешное выведение на орбиту корабля «Союз ТМ» с экипажем на борту	0,9728
Возможность выполнения кораблем «Союз ТМ» запланированной программы полета	0,9789
Осуществление сближения, причаливания и стыковки корабля «Союз ТМ» с СМ	0,9762
Переход экипажа с корабля «Союз ТМ» в СМ	0,9865
Итого (вероятность начала пилотируемых полетов на МКС в запланированном варианте и в установленные сроки)	0,803

Окончательное решение о затоплении ОК «Мир»

Учитывая это, представлялось нецелесообразным осуществлять затопление орбитального комплекса «Мир» по крайней мере до реального начала пилотируемых полетов на МКС. При этом, от решения вопроса о дальнейшем использовании орбитального комплекса «Мир» зависела судьба более чем 100 000 высококвалифицированных научных и инженерно-технических работников, которые неизбежно будут сокращены в случае прекращения эксплуатации комплекса. Вместе с ними уйдут современные наукоемкие производства. Прекращение полета орбитального комплекса «Мир» без начала эксплуатации МКС вызвало бы неизбежный уход России с рынка услуг, реализуемых на этом орбитальном комплексе [10].

Между тем, орбитальный комплекс «Мир» мог бы быть использован в перспективе для решения широкого круга задач. При этом нельзя забывать, что он реально являлся не только национальным достоянием, но и достоянием мировой цивилизации конца XX столетия. Исходя из этого, можно было бы продолжить использование орбитального комплекса «Мир» для решения следующих задач:

- осуществление пилотируемых полетов зарубежных космонавтов по программам космических агентств иностранных государств и международных организаций;

- выполнение коммерческих полетов космонавтов (граждан) по частным заказам;

- отработка космических технологий в интересах МКС (например, отработка способов восстановления поврежденных модулей, спасения экипажа МКС со срочным покиданием станции и др.);

– проведение ресурсных испытаний ОК «Мир» на максимальную длительность полета в интересах обоснования технических и технологических решений по данному вопросу в интересах МКС и других перспективных пилотируемых космических средств с длительными сроками активного существования;

– переброска уникального исследовательского оборудования со станции «Мир» на МКС;

– проведение исследований и экспериментов по контрактам с российскими и зарубежными исследовательскими центрами и организациями с использованием имеющегося на борту орбитального комплекса «Мир» оборудования и оборудования, доставляемого заново;

– проведение природно-ресурсного и экологического мониторинга регионов России и зарубежных государств по контрактам с регионами России, газовыми, нефтяными и другими компаниями, а также с зарубежными государствами;

– выполнение рекламных акций с борта комплекса «Мир».

С учетом всего сказанного представлялось целесообразным при решении вопроса затопления ОК «Мир»:

– в случае невозможности привлечения дополнительных бюджетных средств или финансовых средств российских и зарубежных организаций и частных лиц для продолжения работ на орбитальном комплексе «Мир» реализовать программу-минимум, суть которой заключается в продолжении пилотируемых полетов на орбитальном комплексе «Мир» вплоть до начала пилотируемых полетов на МКС, после чего реализуется план затопления комплекса;

– в случае привлечения дополнительных бюджетных средств или финансовых средств российских и зарубежных организаций и частных лиц для продолжения работ на орбитальном комплексе «Мир» реализовать программу-максимум, суть которой заключается в продолжении пилотируемых полетов на ОК «Мир» вплоть до исчерпания возможностей по ее дальнейшему использованию (эксплуатации).

В конечном итоге ситуация сложилась так, что после начала эксплуатации МКС в январе 2001 года правительство Российской Федерации приняло решение о затоплении ОК «Мир». В числе причин официально были названы: выработка ресурса комплекса, происшествия и аварии на его борту, дорогое обслуживание. Орбитальный комплекс «Мир» был затоплен в Тихом океане 23 марта 2001 года.

Справочные данные по принятию решения о затоплении ОК «Мир»

В декабре 1995 года российская сторона предложила использовать ОК «Мир» на первом этапе развертывания МКС для их совместного функционирования в 1998–2000 гг. «Объединение двух станций позволило бы ускорить создание МКС и использовать более 10 т уникальной научной аппаратуры, находящейся на «Мире», в том числе 2,5 т американской». Американцы выступили «против» (в январе 1996 года по этому поводу в Москву специально приезжал конгрессмен Д. Сенсебреннер и вел переговоры с первым заместителем премьер-министра Правительства РФ О.Н. Сосковцом) [12].

9 октября 1998 года было принято обращение Государственной думы к президенту Российской Федерации (322 депутата проголосовали «за»). Депутаты просили его принять личное участие в решении стратегических вопросов российской пилотируемой космонавтики, не допустить прекращения работ с орбитальным комплексом «Мир» до полного развертывания МКС, а также дать распоряжение правительству о подготовке соответствующего постановления [6].

14 октября 1998 года из администрации президента за подписью Евгения Шапошникова в РКА было направлено официальное письмо, в котором Юрия Коптева (в связи с обращением Государственной думы к президенту РФ) просили подготовить соответствующие документы по комплексу «Мир».

26 октября 1998 года в Московской торгово-промышленной палате прошел международный форум, посвященный поискам инвестиций в российскую экономику. На форуме присутствовали представители посольств и торгпредств более 60 стран. Инициативная группа, занимающаяся независимо от государственных структур разработкой схем спасения ОК «Мир», предложила посмотреть на орбитальный комплекс «Мир» как на международный, который соответственно вкладу в него могли бы использовать другие государства. На это предложение откликнулись: Пакистан, Китай, Индия, Аргентина, Бразилия, Объединенные Арабские Эмираты и Япония.

РКК «Энергия» удалось найти крупную частную австралийскую компанию, которая была готова полностью взять на себя все финансовые расходы, связанные с эксплуатацией станции «Мир». Президент РКК «Энергия» Юрий Семенов подписал 7 ноября 1998 года генеральное соглашение с этой компанией. Соглашение вступало бы в силу при наличии гарантий российского правительства и передачи всех прав на эксплуатацию станции РКК «Энергия».

17 ноября 1998 года в Государственной думе прошли закрытые парламентские слушания, посвященные общему положению дел в космической отрасли страны. На них особое внимание было уделено орбитальному комплексу «Мир». Практически все выступающие были единодушны в том, что он должен существовать столько, сколько позволит его техническое состояние.

19 ноября 1998 года в Государственной думе состоялось заседание экспертно-консультативного совета по проблемам национальной безопасности при председателе Государственной думы с повесткой дня: «О первоочередных мерах сохранения и развития пилотируемой космонавтики на базе орбитальной станции «Мир» (рис. 3). В решении совета отмечается, что отсутствие реальной государственной поддержки Федеральной космической программы России привело к угрожающей ситуации в сфере возможностей страны осуществлять национальную космическую деятельность и выполнять международные обязательства в области космоса, особенно по пилотируемым программам. Совет рекомендовал правительству считать преждевременным и утратившим силу решение о прекращении работ с пилотируемым комплексом «Мир» и затоплении комплекса в июне 1999 года, записанное в протоколе от 22 июля 1998 года № БН-П7-124пр, подписанном Борисом Немцовым.

3 декабря председатель Государственной думы Геннадий Селезнев направил Евгению Примакову письмо с просьбой к премьеру лично рассмотреть вопрос сохранения и развития пилотируемой космонавтики на базе орбитального комплекса «Мир». К письму был приложен проект постановления Правительства РФ. В проекте была отражена целесообразность продолжения работ с ОК «Мир» в течение последующих трех лет в рамках международного научно-технического эксперимента с целью получения данных для обеспечения длительных полетов орбитальных комплексов (15 лет и более). Правительство, согласно проекту, должно было предоставить РКК «Энергия» исключительное право поддержания и распоряжения ресурсами комплекса «Мир» для привлечения внебюджетных источников финансирования.

В бюджет на 1999 год РКА заложило средства на управляемый спуск «Мира» с орбиты в середине 1999 года.



Рис. 3. Заседание экспертно-консультативного совета по проблемам национальной безопасности при председателе Государственной думы 19 ноября 1998 года

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Изменения в редакции D документа «Последовательность сборки» от 02.10.98. Материалы встречи РКА и НАСА по Международной космической станции.
- [2] Техничко-экономические и международно-правовые аспекты коммерческого использования ракет-носителей для выведения полезных нагрузок на геостационарную орбиту / К.Г. Бомштейн, Ю.А. Матвеев, Н.В. Толяренко // Вестник МАИ. – Т. 3. – № 1. – 1996. – С. 78–82.
- [3] Владимиров А. Таблица запусков РН «Протон» и «Протон-К». По состоянию на 01.05.1998 г. // Новости космонавтики. – № 10. – 1998. – С. 25–30.
- [4] Агапов В. Таблица запусков транспортных грузовых кораблей типа «Прогресс» и «Прогресс-М». По состоянию на 03.1998 г. // Новости космонавтики. – № 7. – 1998. – С. 46–49.
- [5] B. Sotnikov. Mir Decommissioning Overview. RSA/Energia, 5/30/98.
- [6] Постановление Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации «Об обращении Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации к Президенту Российской Федерации» (по вопросу о продлении срока существования пилотируемого комплекса «Мир»).
- [7] Отчеты по полетам экипажей орбитального комплекса «Мир». НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина. 1986–2001 гг.
- [8] А.А. Курицын. А.А. Сохин. Опыт создания орбитальных пилотируемых комплексов в мире и анализ перспектив их развития // Вопросы истории естествознания и техники. – 2011. – № 3. – 6 с.
- [9] Этапы инновационного развития Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина / Ю.В. Лончаков, Б.И. Крючков, А.А. Курицын // Полет. – 2015. – Вып. 4. – С. 4–14.
- [10] Экспертное заключение доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, действительного члена Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского и Международной академии информатизации Ярополова Владимира Ильича по вопросу затопления орбитальной станции «Мир». Материалы работы экспертно-консультативного совета по проблемам национальной безопасности при Председателе Государственной думы Российской Федерации, 1998. – 15 с.
- [11] В.И. Ярополов. Расчет вероятности начала пилотируемых полетов на МКС в запланированном варианте и в установленные сроки. Материалы работы экспертно-консультативного совета по проблемам национальной безопасности при Председателе Государственной думы Российской Федерации, 1998. – 3 с.
- [12] Ю.М. Батурин. Космическая дипломатия и международное право. – РГНИИЦПК имени Ю.А. Гагарина, Звездный городок, 2006. – 138 с.

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») с 2011 года издает научный журнал «Пилотируемые полеты в космос» по широкому кругу проблем, связанных с тематикой пилотируемых полетов в космос. В журнале публикуются работы по следующим областям: результаты выполнения и обеспечения пилотируемых космических программ; отбор, подготовка и реабилитация космонавтов после выполнения космических полетов; обеспечение безопасного пребывания космонавтов на орбите; научно-прикладные исследования и эксперименты в космосе и на Земле; создание и модернизация космической техники и наземных технических средств, применяемых для подготовки космонавтов; внедрение результатов космической деятельности; образовательные программы по тематике пилотируемой космонавтики.

С 1 декабря 2015 года журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденный Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации (ВАК) (письмо о Перечне рецензируемых научных изданий от 01.12.2015 № 13-6518), по следующим специальностям:

05.13.00 – информатика, вычислительная техника и управление;

05.26.00 – безопасность деятельности человека;

14.03.00 – медико-биологические науки;

13.00.00 – педагогические науки;

05.07.00 – авиационная и ракетно-космическая техника.

Приглашаются к сотрудничеству ученые и специалисты в различных областях, а также начинающие авторы.

Конструктивная и доброжелательная критика специалистов на страницах журнала призвана способствовать повышению уровня и качества работ начинающих исследователей, стимулировать приток свежих сил в сложнейшую отрасль мировой науки и техники.

<http://www.gctc.ru>

Вниманию авторов

Авторы присылают подготовленные к изданию работы и экспертное заключение на них. Необходима качественная распечатка (лазерный принтер) на хорошей белой бумаге и пересылка по электронной почте. Предоставляемые для публикации материалы должны строго соответствовать нижеперечисленным требованиям. Статья объемом от 5 до 15 страниц должна быть **тщательно отредактирована**. Работы принимаются в текстовом редакторе Microsoft Word версии 97–2007.

1. Предоставляемый материал (статья) должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

2. Статья научного характера должна иметь следующие обязательные элементы:

- постановку задачи (вопрос, на который дается ответ в статье);
- анализ существующих методологических подходов к решению данной задачи;

- исследовательскую часть;
- систему доказательств и научную аргументацию;
- список цитируемой литературы.

Статья должна быть написана языком, понятным не только специалистам в данной области, но и широкому кругу читателей.

3. Первая страница текста должна содержать следующую информацию:

- УДК;
- заглавие статьи;
- имя, отчество, фамилию автора(ов);
- сведения об авторе/авторах: должность, место работы, ученое звание, ученая степень, домашний адрес (с индексом), контактные телефоны (раб., дом.), адрес электронной почты;
- аннотацию к статье (3–10 строк);
- ключевые слова по содержанию статьи (8–10 слов), которые размещаются после аннотации.

4. В конце статьи приводится список цитируемой литературы в алфавитном порядке (сначала литература на русском языке, затем на иностранном) по ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

Параметры страницы

В диалоге «Файл–Параметры страницы» используется размер бумаги формата А4, ориентация листа книжная. Поля: верхнее и нижнее – 4,82 см; левое и правое – 4,25 см. В тексте статьи необходимо установить автоматический перенос слов.

Заголовок

В левом углу проставляется УДК (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 10 пунктов).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 11 пунктов, полужирный), выравнивание по левому краю.

Инициалы, фамилия автора(ов) размещаются после названия статьи по левому краю (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 11 пунктов).

Аннотация и ключевые слова

Текст аннотации и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 9 пунктов) оформляется с отступом от левого края – 1,25 см. Ключевые слова печатаются после аннотации, начиная словом «Ключевые слова» с прописной буквы (шрифт полужирный); двоеточие; затем идет перечисление ключевых слов через запятую (шрифт «Times New Roman» – обычный), выравнивание по ширине.

На английском языке повторить название статьи, инициалы и фамилию автора(ов) (шрифт «Times New Roman», 10 пунктов, полужирный). Оформляется с отступом от левого края – 1,25 см, выравнивание по ширине.

На английском языке повторить аннотацию статьи и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 9 пунктов, обычный), выравнивание по ширине.

Основной текст

Основной текст статьи на русском языке, используется шрифт «Times New Roman», 10 пунктов, интервал между строками «одинарный». Отступы в начале абзаца – 0,8 см. Иллюстрации – в компьютерном исполнении (рисунок в Word, файлы с расширением – .bmp, .jpg, .gif) с возможностью их редактирования. Рисунки размещаются в тексте. Формулы печатаются в редакторе Microsoft Equation. Таблицы, схемы, рисунки и формулы в тексте должны нумероваться; схемы и

таблицы должны иметь заголовки, размещенные над схемой или полем таблицы, а каждый рисунок – подрисовочную подпись. Рисунки, диаграммы, схемы, таблицы делать в черно-белом варианте, если цвет на них не несет нагрузку.

Список литературы

Набирается шрифтом «Times New Roman», 9 пунктов, интервал между строками «одинарный». Библиографические ссылки оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления».

За автором сохраняется право копирования своей публикации.

Статьи, предназначенные для публикации в журнале, должны быть поданы в двух экземплярах. На первом экземпляре располагается подпись автора статьи. Статьи направляются по указанному ниже адресу или тому члену редакционного комитета, который, по мнению автора, наиболее близок к теме работы.

Материалы, предоставленные для публикации в редакцию журнала, авторам не возвращаются.

Статьи, оформленные без учета вышеизложенных правил, к публикации не принимаются.

Вниманию читателей

Редакционная коллегия журнала не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи. Редколлегия вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или же общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи сообщается автору, который представил статью, специалистам, давшим рекомендации, и организации, где работа выполнялась.

To the Attention of Readers

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

Наши координаты для контактов

(по вопросам публикации, рекламы и деловых предложений)

Кальмин Андрей Валентинович (организационные вопросы)

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

Факс: 8 (495) 526-26-12

Электронный вариант научного журнала «Пилотируемые полеты в космос» выполнен в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Содержание журнала, аннотации, ключевые слова, сведения об авторах размещены на сайте <http://www.gctc.ru>. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) <http://elibrary.ru>

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

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

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

Подписано в печать 31.08.17.
Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.
Усл. печ. л. 11,73. Тираж 120 экз. Зак. 472-17.

Отпечатано в редакционно-издательском отделе
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»