

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ю.В. Лончаков

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**

Б.И. Крючков –
заместитель
главного редактора,

А.В. Кальмин –
ответственный секретарь,

Ю.М. Батурин,

М.Н. Бурдаев,

Л.К. Васильева,

С.П. Власенков,

Н.В. Волкова,

О.С. Гордиенко,

П.П. Долгов,

В.М. Жуков,

С.А. Жуков,

С.В. Игнатъев,

Р.Р. Каспранский,

О.Д. Кононенко,

А.А. Курицын,

Г.Д. Орешкин,

В.И. Почуев,

В.Н. Саев,

Ю.Б. Сосюрка,

И.Г. Сохин,

М.Л. Титова,

М.В. Тюрин,

М.М. Харламов,

В.М. Усов,

В.И. Ярополов.

СОДЕРЖАНИЕ

Центр подготовки космонавтов на пути инновационного развития (к 55-летию НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина). <i>Ю.В. Лончаков</i>	4
ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС.....	23
Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-39/40 при выполнении программы космического полета. <i>А.А. Скворцов, О.Г. Артемьев</i>	23
Медицинское обеспечение полета экипажа МКС-39/40 (экспресс-анализ). <i>В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова</i>	36
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС	49
Скафандры для внекорабельной деятельности (к 50-летию первого выхода человека в открытый космос). <i>А.В. Алексеев,</i> <i>Г.М. Глазов</i>	49
Пройденный путь и будущее космического тренажеростроения. <i>В.Е. Шукинунов</i>	65
Электрохимические системы регенерации среды обитания для экипажа космической станции: анализ и оптимизация общей массы. <i>В.Ю. Прошкин, Э.А. Курмазенко</i>	77
Использование Международной космической станции в интересах популяризации космических исследований и образования. <i>С.Н. Самбуrows</i>	92
ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ.....	103
К 20-летию деятельности российско- американской Совместной комиссии по программе Международной космической станции (декабрь 1994–сентябрь 2014 гг.). <i>Л.П. Васильев</i>	103

80 лет В.В. Горбатко	120
80 лет Б.В. Волынову	122
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ	124
XI Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»	124
16-я ежегодная Международная научно-практическая конференция летчиков-испытателей, космонавтов, инженеров и специалистов авиационно-космической промышленности государств-участников СНГ	125
X Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, технике и образовании»	126
XXXIX Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства, – «Королёвские чтения»	128
Информация для авторов и читателей	130

CONTENTS

Cosmonaut Training Center on the Way of Innovation Development (55-year Anniversary of the Establishment of Yu.A. Gagarin S&T CTC). <i>Yu. V. Lonchakov</i>	4
RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS	23
Main Results of the ISS-39/40 Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. <i>A.A. Skvortsov, O. G. Artemyev</i>	23
Express Analysis of Medical Support of the ISS-39/40 Crew Members. <i>V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova</i>	36
THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS	49
AVA suits (50-year anniversary of the first spacewalk of a man). <i>A.V. Alekseev, G.M. Glazov</i>	49
The Distance Travelled and the Future of Space Simulator Industry. <i>V.E. Shukshunov</i>	65
Electrochemical System for Environment Regeneration to Support the Space Station's Crews: Analysis and Optimization of the Total Mass. <i>V.Yu. Proshkin, E.A. Kurmazenko</i>	77
The USE of the International Space Station in the Interests of Popularization of Space Research and Education. <i>S.N. Samburov</i>	92
HISTORY. EVENTS. PEOPLE	103
20-year Anniversary of the Joint Russian-American Board on the International Space Station Program (December 1994–September 2014). <i>L.P. Vasilyev</i>	103
V.V. Gorbatko 80-Year Anniversary.....	120
B.V. Volynov 80-Year Anniversary	122
SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION.....	124
XI International Scientific and Practical Conference "Manned Space Missions"	124
16 th Annual International Scientific Conference for Test Pilots, Astronauts, Engineers and Aerospace Industry of CIS Member States	125
The X International Scientific and Technical Conference "Information Technologies in Science, Engineering and Education"	126
XXXIX Academic Conference on Astronautics Dedicated to the Memory of Academician S.P. Korolev and Other Outstanding Domestic Scientists – the Pioneers of Space Exploration.....	128
Information for Authors and Readers	130

УДК 629.78.007

**ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ
НА ПУТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
(К 55-ЛЕТИЮ НИИ ЦПК ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА)
Ю.В. Лончаков**

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ, докт. техн. наук
Ю.В. Лончаков (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье на основе анализа перспектив развития и достижений пилотируемой космонавтики, имеющегося опыта осуществления пилотируемых полетов, отбора и подготовки космонавтов рассмотрены основные направления инновационного развития научно-исследовательского испытательного Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина на современном этапе и технологий обеспечения их реализации.

Ключевые слова: достижения пилотируемой космонавтики, виды отбора кандидатов в космонавты, подготовка космонавтов, обучающие инновационные технологии, технические средства подготовки космонавтов, технологии космического тренажеростроения, условия космического полета, имитаторы условий космического полета, экспериментальные исследования с участием космонавтов, космизация образования.

**Cosmonaut Training Center on the Way of Innovation Development
(55-year Anniversary of the Establishment of Yu.A. Gagarin S&T CTC).
Yu.V. Lonchakov**

The paper considers the main innovation development directions of Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center on the basis of an analysis of the development prospects and achievements of manned space exploration, of accumulated experience in implementing manned space flights, and of cosmonaut selection and training and considering the present technology stage.

Keywords: achievements of manned space exploration, types of selection of cosmonaut candidates, cosmonaut training, learning innovation technologies, technical means for cosmonaut training, technologies of space simulator building, spaceflight conditions, simulators of spaceflight conditions, experimental investigations involving cosmonauts, cosmization of education.

Введение

В мировой литературе «инновация» интерпретируется как превращение потенциального научно-технического прогресса в реальный, воплощающийся в новых продуктах и технологиях. История научно-исследовательского испытательного Центра подготовки космонавтов (НИИ ЦПК) неразрывно связана с рождением и развитием отечественной и мировой пилотируемой космонавтики (рис. 1). Деятельность НИИ ЦПК на всех этапах своего развития обусловлена созданием и внедрением инновационных технологий как для развития самой пилотируемой космонавтики, так и применительно к формированию отечественной системы отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов.

Инновационное развитие НИИ ЦПК в настоящий период определяется перспективами развития пилотируемой космонавтики, которые характеризуются обеспечением более эффективного использования низких околоземных орбит, реализацией перспективных программ освоения Луны, отработкой ключевых тех-

нологий для подготовки и осуществления межпланетных полетов (в первую очередь – к Марсу и ближайшим астероидам).

На сегодняшний день к наиболее значимым практическим достижениям отечественной пилотируемой космонавтики можно отнести:

- решение транспортных задач по доставке космонавтов, грузов и оборудования на низкие околоземные орбиты;
- освоение технологий сборки и эксплуатации в космосе больших длительно функционирующих космических комплексов, которые обеспечивают гарантированное, практически постоянное (при смене экипажей) пребывание на них человека;
- выполнение крупномасштабных программ научных исследований и экспериментов в космосе;
- разработку технологии технического обслуживания и ремонта систем и оборудования пилотируемых космических комплексов непосредственно на орбите;
- создание необходимой наземной инфраструктуры для обеспечения постоянного присутствия человека на низких околоземных орбитах (НОО);
- осуществление международного сотрудничества в космосе;
- обеспечение доступа в космос непрофессиональным космонавтам.

Для обеспечения реализации перспективных космических программ потребуются дальнейшее развитие и совершенствование существующей системы отбора и подготовки космонавтов, а также модернизация учебной и тренажно-стендовой базы НИИ ЦПК с использованием современных технологий.

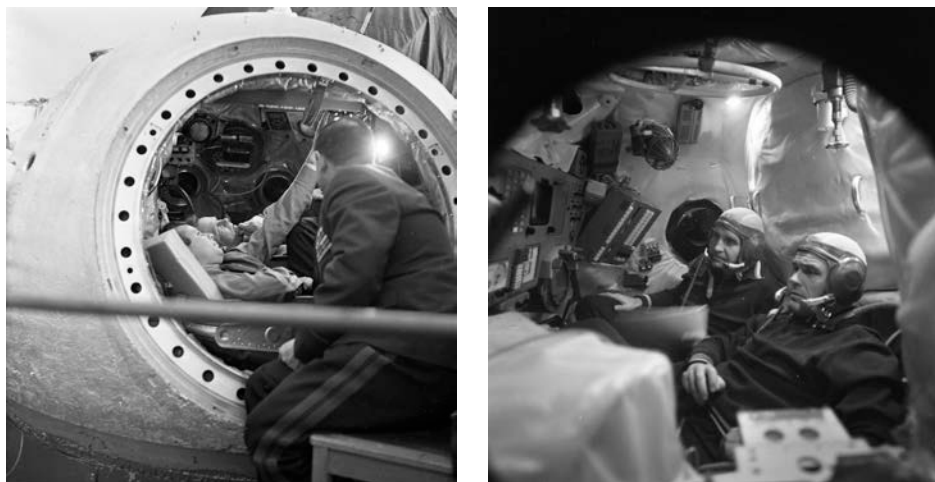


Рис. 1. Подготовка экипажей на первых тренажерах пилотируемых транспортных кораблей

Совершенствование системы отбора космонавтов

Планы развития отечественной космонавтики, связанные с осуществлением пилотируемых полетов на Луну и в дальний космос, потребуют новых подходов к формированию состава отряда космонавтов, разработке и внедрению новых методов профессионального отбора космонавтов, основанных на самых современных достижениях медицины, психологии, образования, педагогики и информатики.

В программе МКС в состав экипажей транспортных кораблей и станции входят, кроме командиров экипажей, бортинженеры, а также участники космического полета, являющиеся непрофессиональными космонавтами. Есть все основания полагать, что решение новых задач в космосе вызовет появление таких специальностей как космонавт-пилот, космонавт-монтажник, космонавт-инженер по эксплуатации лунных баз, космонавт-эколог, космонавт-врач, космонавт-ученый, космонавт-инструктор (на туристических ПКА) и другие.

Ранее задачи отбора и подготовки космонавтов в России выполнялись различными организациями и ведомствами, но сейчас, после создания в 2011 году на базе НИИ ЦПК единого отряда космонавтов Роскосмоса, все указанные задачи выполняются Центром подготовки космонавтов, что позволяет осуществлять единую политику не только при отборе и подготовке космонавтов, но и при формировании экипажей, послеполетной реабилитации, координации работ по международным программам, использовании опыта летавших космонавтов в создании новой космической техники.

В 2012 году впервые в отечественной практике была разработана и реализована методика открытого конкурсного отбора кандидатов в космонавты РФ. Если раньше при отборе космонавтов в основном проверялись медицинские и психологические параметры кандидатов, то теперь количество тестовых проверок значительно расширено. В их числе: осведомленность в сфере космонавтики, обучаемость, способность осваивать сложную технику, знание компьютера, знание иностранных языков, логическое мышление, физика, математика, литература, русский язык.

Отбор кандидатов в космонавты включает следующие его виды: медицинский отбор, отбор на соответствие требованиям по физической подготовке, отбор на соответствие требованиям по образованию и профессиональной компетентности, отбор на соответствие психологическим требованиям (рис. 2).

Конкурсный отбор состоит из двух этапов: заочного, включающего работу с документами претендентов на соответствие установленным критериям и требованиям отбора, и очного, включающего прохождение различных видов отбора.

Представляется, что требования к отбору космонавтов для полетов к Луне, Марсу и астероидам и сами методики отбора должны иметь свою специфику по



Рис. 2. Виды отбора кандидатов в космонавты

сравнению с полетами на низких околоземных орбитах, связанную с воздействием условий и факторов, свойственных осуществлению миссий к дальним планетам. Прежде всего, это относится:

- к необходимости отбора здоровых лиц, с низкой вероятностью возникновения у них серьезных заболеваний;
- отсутствию каких-либо заболеваний, которые могут обостриться в процессе осуществления миссий;
- переносимости перегрузок (при возвращении на Землю со 2-й космической скоростью);
- наличию опыта и психологической устойчивости к условиям длительной автономной деятельности на больших удалениях от Земли (баз).

Совершенствование системы подготовки космонавтов

Шаг за шагом создавалась и совершенствовалась система отбора и подготовки космонавтов, ее обеспечение – научное, методическое, медицинское, тренажное, организационное и другие. За 53 года своего развития советская и российская системы отбора и подготовки космонавтов превратились в зрелую систему, имеющую высокий авторитет не только у нас в стране, но и среди иностранных и международных космических агентств. Ее отличительные особенности: научная обоснованность, уникальность квалификации персонала, развитые техническая база, программно-методическое обеспечение и система планирования, в совокупности обеспечивающие высокое качество подготовки космонавтов.

Последовательность и взаимодействие этапов отбора, подготовки и послеполетной реабилитации представлены на рис. 3.

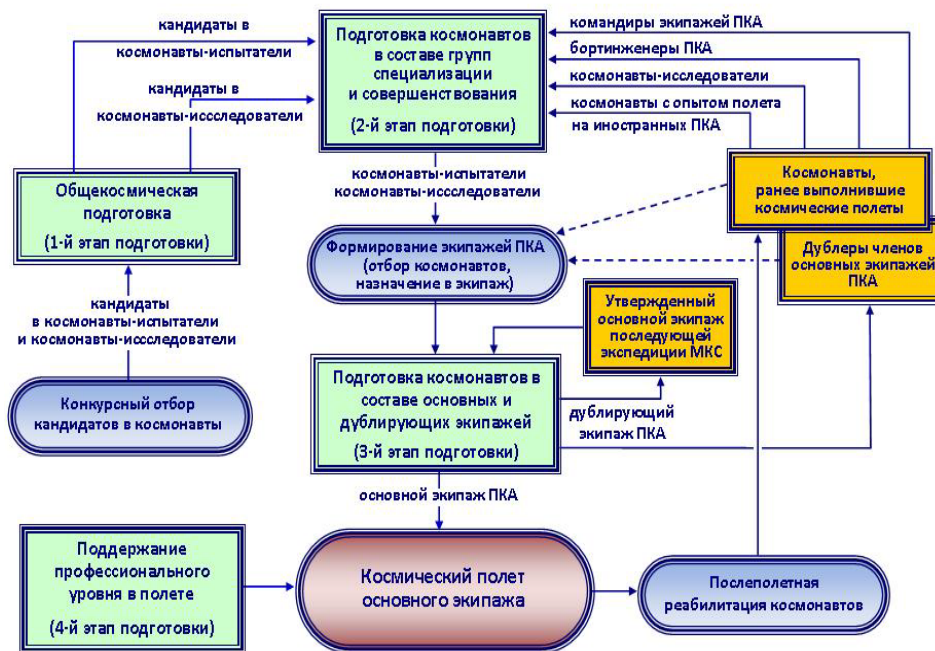


Рис. 3. Этапы отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов

Система отбора и подготовки космонавтов взаимодействует со всеми элементами космической инфраструктуры на всех этапах жизненного цикла пилотируемых космических программ: их формирования, проектирования и экспертизы космической техники, ее испытаний, выполнения космических полетов, оценки их результатов, создания научно-технических заделов по перспективным космическим программам и т.п. При этом основными функциями системы, в которых Центру отводится роль головной организации в ракетно-космической отрасли, являются отбор, профессиональная подготовка и послеполетная реабилитация космонавтов.

Разработка и реализация новых технологий тренажеростроения

В настоящее время ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» несет ответственность за создание, размещение, эксплуатацию и модернизацию технических средств подготовки космонавтов (ТСПК).

Ключевым элементом ТСПК традиционно признаются тренажеры – интерактивные обучающие эргатические системы, предназначенные для проведения комплексной и специализированной профессиональной подготовки космонавтов к управлению ПКА, эксплуатации их бортовых систем и научной аппаратуры, в том числе – в условиях воздействия факторов космического полета.

С 1975 года по настоящее время НИИ ЦПК был пройден путь от автономного космического тренажера причаливания и стыковки «Бивни» (обеспечивал предстартовые тренировки на космодроме «Байконур») до создания первого в мире тренажерного комплекса долговременной орбитальной станции «Салют», а затем орбитального космического комплекса «Мир» и комплекса тренажеров российского сегмента Международной космической станции (рис. 4).

Были разработаны научные основы и индустриальная технология создания тренажерных комплексов для подготовки космонавтов. Наибольшее развитие и строгую практическую апробацию указанная технология получила при создании и эксплуатации тренажеров орбитального комплекса «Мир». Такая технология позволила не только значительно сократить временные и финансовые затраты при создании тренажеров и тренажерных комплексов, но и решить задачу своевременной подготовки первых экипажей. В дальнейшем все преимущества этой технологии особенно наглядно были продемонстрированы при создании комплексных тренажеров российского сегмента Международной космической станции. В общей сложности только по программе РС МКС на сегодняшний день создано около ста технических средств подготовки космонавтов.

Необходимо отметить, что на современном этапе не удастся в полной мере обеспечить выполнение всех требований, предъявляемых системой подготовки космонавтов к комплексу ТСПК. Решение возникающих проблем возможно только на основе инновационных подходов к совершенствованию организации формирования и создания комплекса ТСПК.

С учетом анализа, выявленных закономерностей, тенденций, особенностей космического тренажеростроения предлагается все технические средства НИИ ЦПК объединить в рамках единого интегрированного комплекса ТСПК (ЕИК ТСПК) [1, 9]. Это позволит:

– создать единый, открытый, многофункциональный комплекс ТСПК, который обеспечит внедрение новой архитектуры построения ТСПК для перспективных ПКА с использованием преимущественно цифровых и беспроводных техно-

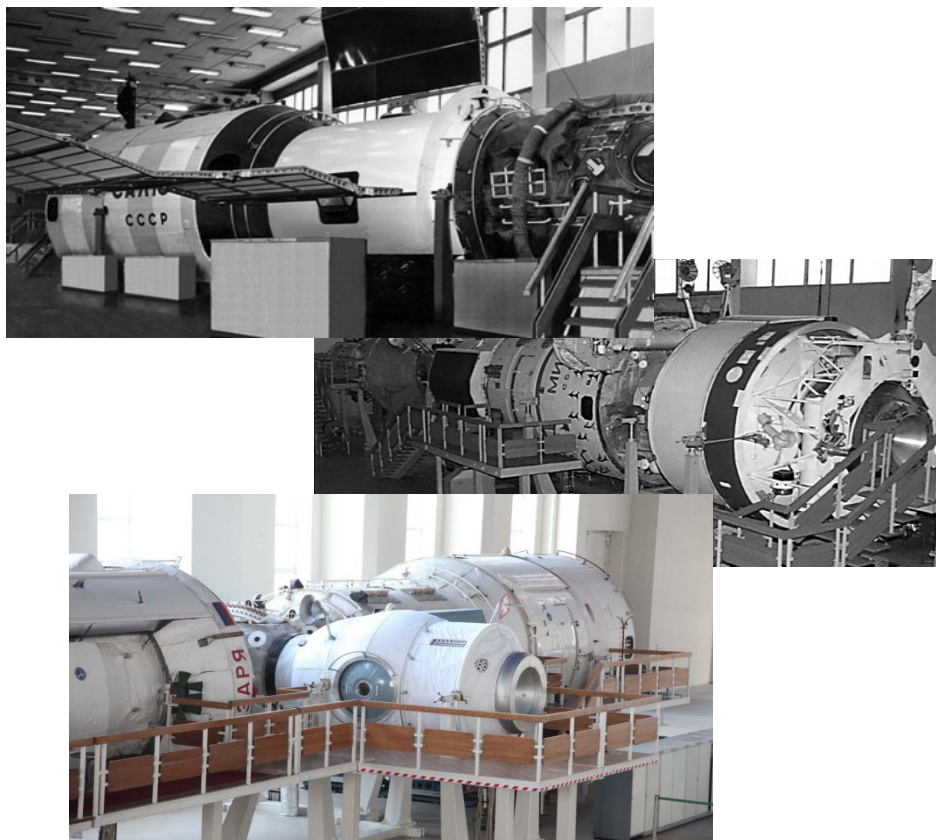


Рис. 4. Тренажерные комплексы орбитальных станций («Салют», «Мир», МКС)

логий, а также более высокий уровень функциональности для космонавтов, инструкторов и инженерного персонала;

- разрабатывать ТСПК на единых принципах с использованием типовых программно-аппаратных платформ, унифицированных для однотипных функциональных подсистем, входящих в комплекс;

- создать единую для всей отрасли информационную среду разработки и создания ТСПК, в том числе единый банк исходных данных и программно-математического обеспечения моделей бортовых систем, моделей движения ПКА и других программных моделей (в виде исходных текстов и библиотек).

Создание ЕИК ТСПК может стать основой для поэтапной модернизации всей тренажерной базы НИИ ЦПК.

В связи с постоянным ростом интенсивности и суммарных объемов подготовки космонавтов актуальна задача эффективного наращивания тренировочных мощностей НИИ ЦПК. Цель – обеспечение требуемой пропускной способности каждого тренажера и всего тренажерного парка в целом. При определении оптимального состава и структуры средств тренажерной подготовки космонавтов должен использоваться принцип гарантированной пропускной способности этих средств. Многолетний (в течение предшествующих 20 лет) анализ загрузки ком-



Рис. 5. Комплексный тренажер транспортного корабля «Союз»

плексных тренажеров транспортного пилотируемого корабля типа «Союз» (рис. 5) показал, что минимальному уровню резерва пропускной способности одного комплексного тренажера соответствует среднегодовая его загруженность порядка 80 % годового рабочего времени, тогда как нормальным оказался уровень в 50 %. В этих расчетах учтены обязательные затраты времени на профилактику, испытания и доработки тренажеров. Наличие резерва обеспечивает непрерывность подготовки требуемого количества экипажей с нормативным качеством и в нормативные сроки в следующих экстремальных условиях:

- параллельное проведение как подготовки космонавтов, так и модернизации части тренажерного парка;
- подготовка экипажей сразу по нескольким программам (например, при перемежающихся запусках транспортных кораблей различных модификаций).

Разработка инновационного комплекса ТСПК для подготовки космонавтов к выполнению научно-прикладных исследований и экспериментов в космосе

Значительное увеличение программ исследований и экспериментов, проводимых на борту РС МКС, требует совершенствования ТСПК для подготовки космонавтов к выполнению научно-прикладных исследований (НПИ). В 2011–2013 гг. в НИИ ЦПК был разработан и в настоящее время активно используется новый уникальный комплекс ТСПК по НПИ, включающий в себя: специализированный стенд-тренажер (стенд «Тренажер ВИН») для подготовки космонавтов к решению задач в области геофизических исследований и мониторинга Земли с борта РС МКС методами визуально-инструментальных наблюдений (ВИН), мобильные автоматизированные рабочие места для проведения авиационных ВИН на самолетах-лабораториях, комплекс функционально-моделирующих стендов, включающих компьютерные виртуальные тренажеры по космическим экспериментам (КЭ) и научной аппаратуре (НА) на основе интерактивных 3D-моделей научной аппаратуры (комплекс «ФМС Наука»).

Специальное программное обеспечение «Тренажера ВИН» позволяет отображать цифровую визуальную модель (ЦВМ) Земли с разрешением 15–30 метров на тексел с возможностью плавной трансфокации угла обзора от 110° до 2°. При этом возможна подготовка отдельных точек детального наблюдения на ЦВМ Земли с поверхностным разрешением вплоть до 4 м/тексел. Реализована возможность

наложения облачности и дымки разного уровня таким образом, что оператор может регистрировать параллактическое смещение облаков относительно земной поверхности. В настоящее время стенд «Тренажер ВИН» совместно с подготовкой космонавтов на самолетах-лабораториях активно используется для подготовки космонавтов на всех этапах к проведению геофизических исследований и мониторинга Земли из космоса.

В последние годы в НИИ ЦПК разработан и успешно используется комплекс «ФМС Наука», включающий компьютерные виртуальные тренажеры по космическим экспериментам и научной аппаратуре на основе интерактивных 3D-моделей научной аппаратуры (рис. 6).



Рис. 6. Космонавт А.Н. Шкаплеров (слева) работает на тренажере МИМ1 с тренировочным комплектом целевого оборудования «Главбокс-С». Космонавт С.А. Волков проходит подготовку по данному оборудованию с использованием компьютерного виртуального тренажера на основе интерактивных 3D-моделей

Комплекс «ФМС Наука» позволяет решать следующие задачи [8]:

- использование 3D-моделей КЭ и НА для подготовки космонавтов;
- возможность контролировать и оценивать этапы и итоги подготовки космонавтов с использованием 3D-моделей;
- возможность планомерного формирования знаний, умений и навыков космонавта, используя в 3D-моделях необходимое количество повторений;
- возможность проводить обучение с использованием 3D-моделей в соответствии с уровнем подготовленности космонавта по научной программе.

Разработка новых имитаторов условий космических полетов и деятельности космонавтов для перспективных космических программ (в т.ч. полетов на Луну и Марс)

В настоящее время подготовка космонавтов к выполнению сложной операторской деятельности экипажами межпланетных (лунных и марсианских) экспедиций возможна на основе моделирования факторов полета на Луну (Марс) и обратно с использованием имитаторов экстремальных условий космического полета – гидролаборатории, центрифуги, самолета-лаборатории, тренажера «Выход-2», позволяющих воспроизводить полетные условия (пониженная весомость и др.).

Так, анализ характеристик движения пилотируемого транспортного корабля на основных динамических участках полета к Луне и обратно показал, что данные

характеристики могут быть воспроизведены на центрифуге ЦФ-18 (рис. 7). Моделирование на центрифуге этапа входа в атмосферу и движения в ней должно осуществляться в соответствии с графиками изменения перегрузок, характерных для нескольких типовых траекторий движения ВА. К ним относятся:

- траектория с одним погружением в атмосферу;
- траектория с двумя погружениями в атмосферу;
- траектория с двумя погружениями без выхода из атмосферы.



Рис. 7. Центрифуга ЦФ-18

Анализ расчетных параметров полета возвращаемого аппарата при входе в атмосферу со 2-й космической скоростью и при движении в ней показывает, что технические характеристики центрифуги ЦФ-18 позволяют моделировать требуемые графики изменения и предельные значения перегрузок без ограничений. Для моделирования режима нулевой гравитации в настоящее время разработаны методы моделирования на центрифуге состояния «физиологической» невесомости.

Проведенные экспериментальные исследования по проверке возможности моделирования пониженной весомости в гидролаборатории показали, что в ней возможно реализовать режимы пониженной весомости космонавта в скафандре, размещенного в гидросреде, адекватные условиям весомости на поверхности Луны (Марса) за счет дополнительного нагружения скафандра. Было продемонстрировано, что существующие средства балансировки позволяют ориентировать скафандр в вертикальном положении (рис. 8). Показана также возможность выполнения космонавтом в гидросреде операций перемещения по ровной поверхности (шагом и небольшими прыжками) в вертикально ориентированном скафандре и операций подъема и спуска по трапу (с помощью ног или только на руках).

Для повышения адекватности моделирования условий деятельности космонавтов на поверхности Луны (Марса) целесообразна разработка скафандра для гидролаборатории с эргономическими характеристиками, по возможности, более близкими к прототипам напланетных скафандров.

Специализированный тренажер «Выход-2» предназначен для подготовки космонавтов по операциям обслуживания и эксплуатации выходного скафандра «Орлан», по процедурам шлюзования и отдельным рабочим операциям внекорабельной

деятельности в штатных режимах работы и в нештатных ситуациях. Тренажер принципиально позволяет имитировать условия пониженной весомости, соответствующие условиям весомости на Луне (Марсе). При этом система подвески позволяет за счет применения силокомпенсирующих устройств снять требуемую часть нагрузки, действующей на космонавта в скафандре, и обеспечить имитацию или условий невесомости или условий пониженной весомости. Сущность метода заключается в том, что скафандр подвешивается на тросе, другой конец которого прикреплен к моментному двигателю и имеет возможность перемещаться в определенном диапазоне. Перемещения происходят при возникновении усилий, которые космонавт в скафандре прикладывает к внешним объектам (рис. 9).



Рис. 8. Моделирование условий пониженной весомости космонавта в гидролаборатории НИИ ЦПК



Рис. 9. Тренажер «Выход-2»

Анализ возможностей по моделированию лунной весомости на самолете-летающей лаборатории ИЛ-76МДК показывает, что при тех же кинематических параметрах полета, которые характерны для воспроизведения режима «полной» невесомости, увеличение времени создания режима пониженной весомости, соответствующего, например, лунным условиям, будет составлять около 20 %. При этом также увеличивается высота баллистической траектории и дальность полета по ней. Зависимости (времени создания режима пониженной весомости, высоты траектории полета самолета, дальности траектории полета самолета от начальных скоростей и углов тангажа самолета) должны учитываться при разработке конкретных заданий на полет с учетом ограничений по высоте полета, по минимальной и максимальной скоростям полета, по тяге двигателей, по допустимым перегрузкам (рис. 10).



Рис. 10. Отработка действий в условиях режима невесомости с использованием летающей лаборатории ИЛ-76МДК

В целях анализа возможностей космонавтов по выполнению сложной операторской деятельности при выполнении полетов к дальним планетам в Центре подготовки космонавтов впервые в практике осуществления пилотируемых космических полетов проводились экспериментальные исследования в моделируемых условиях космического полета с участием космонавтов МКС сразу после их возвращения на Землю по следующим направлениям [11]:

- оценка возможности и качества выполнения космонавтом ручного управления космическим аппаратом на этапе спуска на планету с моделированием перегрузок с использованием центрифуги ЦФ-18;
- оценка возможности и качества выполнения космонавтом операций передвижения и отдельных типовых операций внекорабельной деятельности (ВКД) на поверхности в условиях пониженной весомости на планете в скафандре, ориентированном в вертикальном положении в системе обезвешивания с использованием тренажера «Выход-2» (рис. 11);
- оценка возможности и качества управления движением транспортного средства (ровера) в условиях ландшафта, близкого к лунному (марсианскому), с использованием виртуальной модели.

Всего было проведено более 20 сеансов экспериментальных работ на тренажере «Выход-2» и на тренажере «ТС-18» (центрифуге ЦФ-18). В экспериментах приняли участие 9 космонавтов.



Рис. 11. Моделирование напланетной деятельности в условиях пониженной весомости в скафандре на тренажере «Выход-2»

Трансфер космических услуг

Особого внимания заслуживает развитие механизмов трансфера космических технологий как услуг в другие сферы деятельности. Так, применительно к НИИ ЦПК это может относиться к использованию разработанных и успешно применяемых технологий отбора, подготовки и реабилитации космонавтов в интересах практического здравоохранения, поддержания здоровья наиболее активной части населения и повышения надежности деятельности операторов сложных технических (динамических) систем. К ним, например, относятся:

1. Программы медицинской реабилитации, разработанные для космонавтов, выполнивших длительные космические полеты – могут быть использованы в клинической медицине при реабилитации больных, длительное время находившихся на постельном режиме (например, повреждения позвоночника, переломы костей таза, бедра и т.д.), то есть в состоянии длительной гипокинезии, которая является наземной «моделью» невесомости.

В настоящее время при реабилитации таких больных, в основном, уделяется внимание восстановлению функций, связанных с основным заболеванием (например, восстановлению функции конечностей после переломов) и практически не уделяется внимания функциональным и морфологическим изменениям в организме человека, возникшим вследствие гипокинезии. Использование подходов, применяемых при медицинской реабилитации космонавтов, позволит более эффективно проводить реабилитационные мероприятия для больных, длительное время находившихся на постельном режиме, то есть добиваться наилучших результатов в более короткие сроки, что, в конечном итоге, экономически выгодно как для лечебного (реабилитационного) учреждения, так и для пациента и его работодателя.

2. Система психологического отбора космонавтов – может быть использована для отбора операторов сложных технических систем (таких как авиадиспетчеров, диспетчеров энергетических систем, летчиков, подводников и др.).

3. Программа физической подготовки космонавтов – может быть использована для государственных служащих и лиц различных категорий, являющихся наиболее активной частью населения Российской Федерации, но не имеющих достаточного времени для занятий собственной физической подготовкой и в течение длительного времени ею не занимавшихся.

Технологии интеграции подготовки космонавтов

В настоящее время широко используются и постоянно совершенствуются технологии интеграции подготовки международных экипажей по программе Международной космической станции на основе использования пространственно-распределенной структуры средств подготовки космонавтов (астронавтов).

Наличие пространственно-распределенной структуры средств подготовки стран-партнеров требует создания технологий дистанционного управления процессами подготовки международных экипажей, интерактивного взаимодействия в процессе их подготовки [8]. А это требует дальнейшего развития и интеграции компьютерных, телекоммуникационных и других технологий. Мы находимся на пути создания интегрированной системы подготовки международных экипажей, используя национальный опыт, традиции и технологии подготовки космонавтов и астронавтов России, США, Франции, Германии, Японии и других стран (рис. 12).

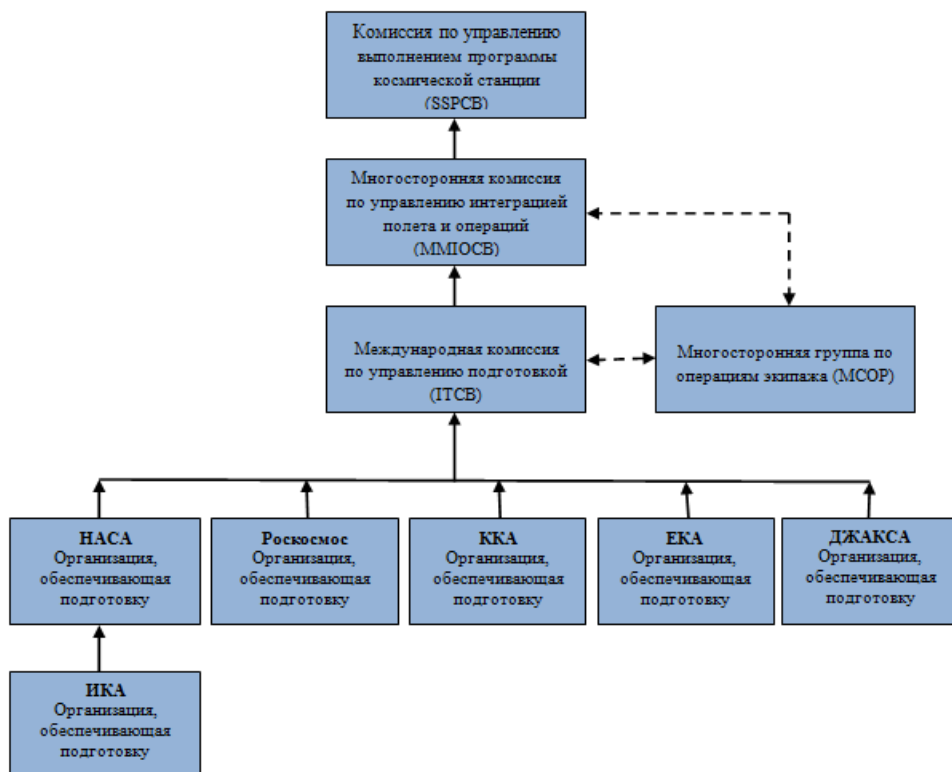


Рис. 12. Координация процесса подготовки экипажей МКС

Показательным примером интеграции технологических процессов является также неразрывность процессов создания (эволюции) ПКА и процессов подготовки экипажей. Такая диалектическая взаимосвязь требует участия космонавтов в интегрированных технологических процессах на различных стадиях жизненного цикла пилотируемой космической техники: при ее разработке, в ходе монтажа и развертывания орбитальных станций (в космическом полете и в процессе наземной поддержки деятельности экипажа на борту), в ходе испытаний и штатной эксплуатации, а также при утилизации («затоплении») орбитальных станций.

Практика таких космических программ, как «Салют», «Мир», «Буран», убедительно показала объективную необходимость участия космонавтов во всех жизненных циклах ПКА. Например, принимая участие в разработке новых космических аппаратов или технических средств подготовки, космонавт изучает технику, а принимая участие в ее испытаниях, космонавт практически овладевает новыми приемами управления космическими аппаратами, ее эксплуатации.

Технологии разработки, испытаний, эксплуатации космической техники тесно переплетены с технологиями анализа результатов выполнения полетов и подготовки космонавтов. Образно выражаясь, принимая активное участие в этих процессах, отдавая свой опыт, космонавт учится, причем учится постоянно.

Одновременная эволюция космической техники и технологий подготовки экипажа – это объективный процесс, предполагающий опережающий график создания технических средств и базы подготовки космонавтов.

Создание, внедрение и использование новых обучающих технологий

В настоящее время в НИИ ЦПК активно проводятся работы по созданию, внедрению и использованию новых обучающих технологий, основанных на базе интеллектуальной поддержки процессов обучения, создания компьютерных обучающих программ, учебных баз данных, баз знаний, использования виртуальных обучающих сред и др. (рис. 13).



Рис. 13. Прототип функционально-моделирующего стенда теоретической подготовки на основе применения технологий виртуализации, тонких клиентов [9]

Применение систем искусственного интеллекта в ТСПК приведет к возникновению интеллектуальных компьютерных средств обучения, не требующих при проведении тренировок обязательного присутствия инструктора или сводящих такое присутствие к минимальному участию (контроль работы, ввод исходных данных, реакция на сбои в работе и т.п.). В этом случае должна уменьшиться стоимость подготовки, увеличиться ее эффективность при упрощении планирования учебного процесса, а главное, обеспечивается возможность адаптировать подготовку под уровень знаний, умений и навыков обучаемых. В связи с бурным развитием информационно-вычислительной техники создаются, внедряются и используются мультимедийные классы технической подготовки по различным бортовым системам.

В состав данных классов входят информационно-дидактические комплексы на базе современной информационно-вычислительной техники и функционально-моделирующие стенды данной системы или группы систем, позволяющие проводить автоматизированное обучение космонавтов.

На базе систем автоматизированного обучения разрабатываются и используются учебные курсы по различным учебным дисциплинам, по которым проводятся занятия на всех этапах подготовки космонавтов.

Разработка и внедрение комплексов виртуального моделирования для подготовки космонавтов и поддержания их профессиональной деятельности в ходе космических полетов

Для повышения эффективности и качества подготовки космонавтов в части изучения конструкции и компоновки, интерьера и внешнего вида бортовых систем по существующим и перспективным пилотируемым космическим объектам, целевому оборудованию, внекорабельной деятельности необходим целый комплекс тренажных средств, использующих виртуальную реальность (в том числе 3D-технологии) и компьютерную визуализацию.

Особенность данного комплекса тренажных средств виртуальной реальности и компьютерной визуализации состоит в том, что на нем можно моделировать те физические процессы, протекающие на пилотируемых космических объектах, которые затруднительно или невозможно смоделировать и показать на полномасштабных тренажерах (например, движение воздушных потоков, детальный процесс стыковки космических аппаратов, а также внешнюю и внутреннюю компоновку крупногабаритных космических объектов, изготовление которых невозможно или экономически нецелесообразно). Незаменим комплекс и в тех случаях, когда необходимо продемонстрировать космонавтам сразу несколько процессов, проходящих одновременно в разных отсеках пилотируемого космического объекта.

Внедрение систем виртуальной реальности в средства подготовки космонавтов предполагает не коренную замену существующих комплексных и специализированных тренажеров с находящимися в их составе физическими макетами рабочих мест и оборудования, а фактически развитие и расширение возможностей технических средств подготовки космонавтов на основе последних достижений в области компьютерной техники и человеко-машинного интерфейса. В том числе предполагается использование возможностей формирования стереоизображений средствами их компьютерной генерации.

Технология виртуальной реальности потенциально способна решить большинство проблем традиционного тренажеростроения и дает возможность существ-

венно повысить у космонавта чувство реальности происходящего (за счет более глубокого вовлечения его в имитируемый процесс) и, вследствие этого, повысить эффективность тренировки. Система «виртуальной реальности» также воспроизводит широкий комплекс ощущений (зрительных, слуховых, осязательных, акселерационных и т.д.), частично или полностью формируемых компьютером, который вызывает у человека ощущение реального присутствия в некоторой среде и реального взаимодействия с этой средой.

Космизация образования

Важным аспектом обеспечения продуктивного влияния космической деятельности на развитие общества является космизация образования, которая базируется на аэрокосмическом образовании как составном элементе национальной системы образования.

Учитывая значение космического образования для будущего России и всего человечества, Федеральное космическое агентство в 1997 году инициировало разработку проекта Концепции и проекта Национальной программы космического образования в России.

При этом следует отметить особую роль применения IT-ориентированных педагогических и образовательных технологий в пилотируемой космонавтике в свете того факта, что составной частью государственной политики в области кадрового обеспечения российской науки, высокотехнологического производства, стимулирования здорового предпринимательства является задача создать условия созидательной и творческой деятельности молодежи, развития позитивных тенденций в общественной психологии, условия для социальной адаптации и трудоустройства молодых людей, уменьшения в ее среде негативных проявлений, социального безразличия, потери нравственных ориентиров, что жизненно важно для усиления духовного начала в жизни всего общества.

НИИ ЦПК принимает активное участие в организации и проведении молодежных программ, направленных на популяризацию и пропаганду достижений отечественной пилотируемой космонавтики и профессиональной ориентации молодежи для работы на предприятиях ракетно-космической отрасли России. В числе этих программ – молодежные конкурсы «Созвездие», «Звездная эстафета», «Дорога в космос» и другие.

Для реализации молодежных образовательных программ в области космонавтики в Центре подготовки космонавтов создан не имеющий аналогов в Российской Федерации Космоцентр (рис. 14). В Космоцентре реализованы инновационные образовательные технологии, которые используются для обучения школьников и студентов. Для эффективного проведения занятий в Космоцентре разработаны соответствующие учебно-методические материалы и пособия, программы и курсы, которые представляют собой единый комплекс документов, используемый в интегрирующей обучающей среде.

В рамках научного туризма Центр посещает около 33 тысяч человек ежегодно. В настоящее время НИИ ЦПК заключены соглашения о сотрудничестве с 11 вузами и организациями, в том числе МГУ, МАИ, МАТИ, с фондом «Сколково», Торгово-промышленной палатой РФ и др.

С 2011 года издается научный журнал «Пилотируемые полеты в космос», зарегистрированный в соответствующих федеральных органах и включенный в систему Российского индекса цитирования.

Центр ежегодно проводит научные, в том числе международные и молодежные конференции. С 2009 года по настоящее время специалистами Центра опубликовано более 510 статей, докладов, материалов.



Рис. 14. Занятие в Космоцентре НИИ ЦПК

Системное участие космонавтов в работах по созданию (модернизации) пилотируемых космических комплексов

Реализация мероприятий по перспективным направлениям развития пилотируемой космонавтики невозможна без активного участия космонавтов, системного привлечения отряда космонавтов Роскосмоса к экспертной и испытательной деятельности. Основными задачами участия космонавтов в работах по созданию (модернизации) пилотируемых космических комплексов (ПКК) являются:

1. На этапах создания новых ПКК:
 - экспертиза ТТЗ, аванпроектов (технических предложений), эскизных проектов и рабочей документации ПКК;
 - эргономическая экспертиза опытных изделий ПКК;
 - наземная отработка изделий ПКК (участие в автономных, комплексных и межведомственных испытаниях);
 - разработка и экспериментальная отработка ТСПК (разработка и экспертиза технической документации и участие в испытаниях);
 - разработка и экспериментальная отработка бортовой документации и иных информационных средств поддержки деятельности экипажей ПКК;
 - разработка программ НПИ;
 - создание комплекса подготовки космонавтов.
2. На этапах летно-конструкторских испытаний и летной эксплуатации ПКК:
 - поддержка (наземная) деятельности экипажей ПКК в полете;
 - оценивание результатов испытаний (эксплуатации);
 - разработка рекомендаций по совершенствованию ПКК, эффективности и безопасности полетной деятельности космонавтов, подготовки космонавтов, ТСПК. На рис. 15 представлено количество замечаний и предложений, выданных экипажами МКС по итогам выполнения космических полетов на борту МКС [10].

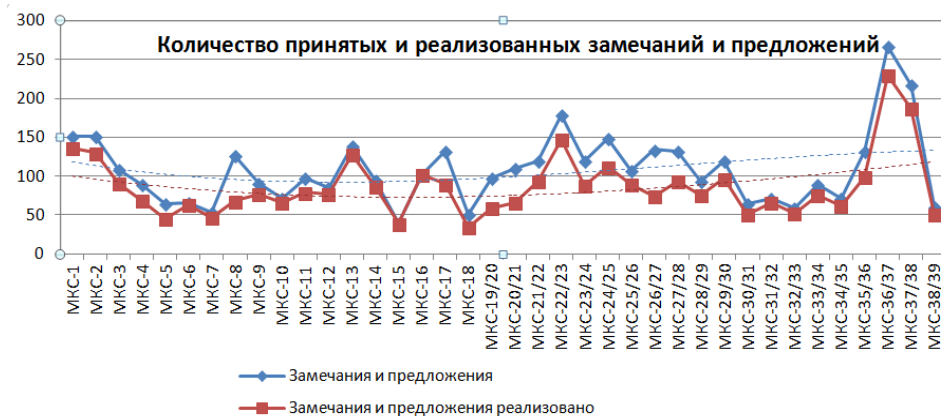


Рис. 15. Количество выданных и реализованных рекомендаций экипажей МКС-1–МКС-31/32 (на основании экспресс-отчетов экипажей по итогам полета, выпущенных в НИИ ЦПК)

3. На этапах модернизации ТСПК:

- оценивание соответствия ТСПК реальным ПКК, разработка рекомендаций по совершенствованию ТСПК;
- участие в испытаниях ТСПК;
- экспериментальная отработка бортовой документации и иных информационных средств поддержки деятельности экипажей ПКК.

4. На этапах научно-исследовательских и поисковых работ:

- научно-техническое сопровождение всего процесса создания (модернизации) и эксплуатации ПКК;
- разработка и обоснование предложений, новых инновационных решений, направленных на повышение эффективности и безопасности пилотируемых полетов;
- испытания (в том числе в качестве испытателей) перспективных образцов КТ, в том числе в условиях моделирования факторов и условий космических полетов;
- изобретательская деятельность.

Использование МКС

для отработки перспективных космических программ

По сравнению с подготовкой к выполнению пилотируемых космических полетов на низких околоземных орбитах подготовка экипажей межпланетных экспедиций представляет собой новую и более сложную задачу, требующую специального рассмотрения. Для этого необходимы разработки комплексной программы проведения работ по созданию соответствующего научно-технического задела. Следует отметить, что многие цели такой программы исследований могут быть достигнуты в пределах существующих полугодовых и более длительных полетов на МКС. Так, например, можно предложить следующие направления работ по созданию заделов для полетов на Марс с использованием МКС:

- отработка экипажем МКС (сразу после посадки на Землю) деятельности, адекватной условиям деятельности после посадки на планету;

- предоставление экипажу максимальной самостоятельности в планировании работ на борту МКС, в выполнении программы полета и в выходе из нестандартных ситуаций (НшС);
- создание средств информационной поддержки деятельности экипажа в нестандартных ситуациях на базе использования систем искусственного интеллекта и оснащение ими МКС;
- отработка стратегий технического обслуживания и ремонта систем и оборудования силами космонавтов;
- разработка новых подходов к системе психологической поддержки экипажа, их опробование в процессе полетов экипажей МКС и многое другое.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / Под ред. В.Е. Шукшунова – М.: Машиностроение, 2005.
- [2] Базовые подходы к подготовке экипажей лунных экспедиций / Сосюрка Ю.Б., Долгов П.П., Каспранский Р.Р. // Пилотируемые полеты в космос. – № 3(8). – 2013. – С. 51–60.
- [3] Васильев В.И. Предпосылки и история создания стенда «Тренажер ВИН» // Полеты в космос. История, люди, техника: Материалы научно-практической конференции. Звездный городок, 8–9 октября 2014 г. – ИИЕТ РАН, 2014. – С. 77–78.
- [4] Опыт проведения подготовки космонавтов на стенде «Тренажер ВИН» для решения задач исследования Земли из космоса методами визуально-инструментальных наблюдений / Дедкова Е.В., Жлудко В.В., Максимов С.Н. // Полеты в космос. История, люди, техника: Материалы научно-практической конференции, Звездный городок, 8–9 октября 2014 г. – ИИЕТ РАН, 2014. – С. 78.
- [5] Использование 3D-моделей в процессе формирования знаний космонавтов на примере научной космической аппаратуры / Сабуров П.А. и др. // Материалы Космического форума «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, 2011. – С. 65.
- [6] Использование информационных технологий в процессе подготовки космонавтов / Харламов М.М., Курицын А.А., Ковригин С.Н. // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 1(6).
- [7] Этапы эволюции научно-методической школы подготовки космонавтов: от тренировки навыков к формированию профессиональной компетентности / Крючков Б.И., Курицын А.А., Сохин И.Г. // Вопросы истории естествознания и техники. – 2012. – № 3. – С. 145–149.
- [8] Особенности проведения и контроля подготовки экипажей МКС из шести человек / Харламов М.М., Курицын А.А., Темеров А.В. // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – № 2(4).
- [9] Шукшунов В.Е. Вспоминая пройденный путь в космическом тренажеростроении, думаем о будущем / Материалы 1 научно-практической конференции «Полеты в космос. История, люди, техника». – Звездный городок, 2014.
- [10] Анализ замечаний и предложений по подготовке и деятельности в полете, высланных экипажами МКС в процессе послеполетных мероприятий. / Крючков Б.И., Курицын А.А., Копнин В.А., Рыбкин Д.Е. // Материалы научно-технической конференции в честь 40-летия создания главной оперативной группы управления пилотируемыми полетами, г. Королёв, 1–4 октября 2013. – ЦНИИмаш, 2013.
- [11] На пути к Марсу / Крючков Б.И., Крикалёв С.К., Курицын А.А. // Наука в России, Российская Академия Наук. – 2014. – № 1.

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-39/40 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

А.А. Скворцов, О.Г. Артемьев

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ А.А. Скворцов;
космонавт-испытатель О.Г. Артемьев (Роскосмос, Россия)

Рассматриваются результаты деятельности экипажа МКС-39/40 на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА-12М» 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-39/40 Expedition Training and Activity When Carrying out the Mission Plan. A. A. Skvortsov, O. G. Artemyev

The paper considers results of the ISS-39/40 expedition's activity aboard the «Soyuz TMA-12M» transport spacecraft and ISS. Also, it presents the comparative analysis and estimation of the crew's contribution to the general ISS flight program. Particular attention is paid to implementation of scientific applied research and experiments aboard the station. Remarks and suggestions to improve the ISS Russian Segment are given.

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

Состав экипажа и основные результаты полета

Основной экипаж длительной экспедиции МКС-39/40 в составе (рис. 1):

Скворцов Александр Александрович	командир ТПК «Союз ТМА-12М» бортинженер МКС-39/40 (Роскосмос, Россия)
Артемьев Олег Германович	бортинженер ТПК «Союз ТМА-12М» бортинженер МКС-39/40 (Роскосмос, Россия)
Свонсон Стивен	бортинженер-2 ТПК «Союз ТМА-12М» бортинженер МКС-39 (НАСА, США) командир экспедиции МКС-40

выполнил космический полет длительностью 169 суток с 26 марта 2014 года по 11 сентября 2014 года. Позывной экипажа ТПК «Союз ТМА-12М» – «Утес».



Рис. 1. Экипаж экспедиций МКС-39/40

Опыт полетов членов экипажа

Скворцов Александр Александрович в отряде космонавтов с 1997 года. До назначения в экипаж выполнил один космический полет длительностью 176 суток.

Артемов Олег Германович в отряде космонавтов с 2003 года. До назначения в экипаж опыта космических полетов не имел.

Свонсон Стивен в отряде астронавтов НАСА с 1998 года. До назначения в экипаж имел опыт двух космических полетов: 1-й полет – длительностью 13 суток в качестве специалиста шаттла Atlantis STS-117; 2-й полет – длительностью 12 суток в качестве специалиста Discovery STS-119.

Основные итоги полета

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-12М» был произведен 26 марта 2014 года с космодрома Байконур (Казахстан).

Параметры орбиты выведения: период $T = 88,81$ мин, наклонение $i = 51,67$ град., высота $h \times H = 199,58$ км \times 261,79 км.

В космическом полете выполнены следующие работы:

– доставка экипажа экспедиции МКС-39/40 на борт МКС, завершившаяся стыковкой 28 марта 2014 года ТПК «Союз ТМА-12М» в автоматическом режиме с МКС к стыковочному узлу модуля МИМ2; $T_{М.з.} = 02:53:33$ ДМВ. Следует отметить, что сближение транспортного пилотируемого корабля выполнялось по 2-суточной схеме полета;

– расстыковка ТГК «Прогресс М-22М» со стыковочным узлом СО1 осуществлена 7 апреля 2014 года. Время расстыковки – 16:58:22 ДМВ;

– стыковка ТГК «Прогресс М-23М» со стыковочным узлом СО1 выполнена 10 апреля 2014 года ($T_{М.з.} = 00:14:18$ ДМВ); сближение транспортного грузового корабля осуществлено по 4-витковой схеме полета;

- сближение американского грузового корабля многоразового использования «Dragon» SpaceX-3 с МКС, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к надирному порту модуля Node2 АС МКС осуществлены 20 апреля 2014 года ($T_{М.З.} = 17:12$ ДМВ);
- научные исследования и эксперименты в соответствии с программой НПИиЭ;
- техническое обслуживание бортовых систем, дооснащение, ремонтно-восстановительные работы, проведение телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-21М» от АО СМ произведена 23 апреля 2014 года. Время физической расстыковки – 11:58:20 ДМВ;
- повторная стыковка ТГК «Прогресс М-21М» со стыковочным узлом АО СМ 25 апреля 2014 года ($T_{М.З.} = 15:13:12$ ДМВ);
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-11М» со стыковочным узлом модуля МИМ1 выполнена 14 мая 2014 года; время расстыковки – 01:35:57 ДМВ, время посадки СА – 04:58:30 ДМВ;
- расстыковка американского грузового корабля «Dragon» SpaceX-3 с МКС произведена 18 мая 2014 года, время отделения от манипулятора станции – 16:26 ДМВ;
- стыковка ТПК «Союз ТМА-13М» со стыковочным узлом модуля МИМ1 осуществлена 29 мая 2014 года ($T_{М.З.} = 04:44:04$ ДМВ); сближение транспортного пилотируемого корабля выполнялось по 4-витковой схеме полета;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-21М» с АО СМ проведена 9 июня 2014 года, время физической расстыковки – 16:29 ДМВ;
- выход в открытый космос ВКД-38 осуществлен 19 июня 2014 года из стыковочного отсека СО1, продолжительность – 7 ч 23 мин; выход выполнили космонавты А. Скворцов и О. Артемьев;
- сближение американского грузового корабля «Cygnus» Orb-2 с МКС, захват манипулятором станции, перемещение и установка корабля к надирной части модуля Node2 АС МКС осуществлены 16 июля 2014 года ($T_{М.З.} = 15:59$ ДМВ);
- расстыковка ТГК «Прогресс М-23М» со стыковочным узлом СО1 МКС выполнена 21 июля 2014 года ($T_{РАССТЫКОВКИ} = 00:44$ ДМВ);
- стыковка ТГК «Прогресс М-24М» со стыковочным узлом СО1 выполнена 24 июля 2014 года ($T_{М.З.} = 06:30$ ДМВ). Сближение транспортного грузового корабля выполнено по 4-витковой схеме полета;
- стыковка европейского грузового корабля ATV-5 «Жорж Леметр» с АО СМ произведена 12 августа 2014 года ($T_{М.З.} = 16:29:53$ ДМВ);
- расстыковка американского корабля «Cygnus» Orb-2 с МКС выполнена 15 августа 2014 года. Время отделения от манипулятора станции – 13:42 ДМВ;
- выход в космос ВКД-39 осуществлен 18 августа 2014 года из стыковочного отсека СО1, продолжительность выхода – 5 ч 10 мин. Выход выполнили космонавты А. Скворцов и О. Артемьев;
- возвращение экипажа МКС-39/40 на Землю, расстыковка ТПК «Союз ТМА-12М» со стыковочным узлом модуля МИМ2 выполнена 11 сентября 2014 года. Время расстыковки – 02:00:00 ДМВ, время посадки СА – 05:23:00 ДМВ.

Основные задачи подготовки экипажа к полету

Подготовка к полету основного экипажа МКС-39/40 в составе командира ТПК «Союз ТМА-12М» Скворцова Александра Александровича, бортинженера Артемьева Олега Германовича и бортинженера-2 Свонсона Стивена проводилась с 26 сентября 2013 года. Программа подготовки была разработана с учетом задач полета, уровня подготовленности и функциональных обязанностей членов экипажа.

Основными задачами подготовки по МКС и ТПК «Союз ТМА-12М» являлись:

- подготовка, направленная на формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз ТМА-12М»;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при управлении бортовыми системами и агрегатами ТПК на всех этапах полета (в штатных и нештатных ситуациях);
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении сближения, причаливания, стыковки ТПК «Союз ТМА-12М» на все стыковочные узлы РС МКС;
- отработка навыков выполнения ручного управляемого спуска (РУС);
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-АК;
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в режимах РО-ДК;
- построение солнечной ориентации и закрутки ТПК в режимах РО-АК и РО-ДК;
- подготовка членов экипажа к действиям в случае срочного покидания МКС при разгерметизации и пожаре;
- отработка действий по выполнению срочного спуска с орбиты в случае покидания МКС;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении расстыковки ТПК с неориентированной и нестабилизированной МКС;
- подготовка экипажа к выполнению сближения и причаливания ТПК «Прогресс-М» на стыковочные узлы РС МКС в режиме ТОРУ;
- подготовка экипажа по контролю автоматического сближения и стыковке ТПК «Прогресс М» с МКС;
- подготовка экипажа по мониторингу сближения и стыковке с европейским грузовым кораблем ATV-5 и расстыковке с МКС;
- подготовка экипажа к выполнению операций по консервации и расконсервации ТПК, операциям по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- подготовка экипажа к приему, передаче смены и совместной работе в полете с экипажами МКС-38/39 и МКС-40/41;
- подготовка членов экипажа к эксплуатации бортовых систем РС МКС (модули ФГБ, СМ, СО1, МИМ1, МИМ2);
- теоретическое ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладке снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемые корабли;
- подготовка российских членов экипажа по задачам внекорабельной деятельности в объеме типовых операций и по программе ВКД-38, ВКД-39;

- подготовка к адаптации к факторам космического полета, отработка навыков оказания само- и взаимопомощи и эксплуатации бортовых медицинских средств;
- отработка навыков, умений и взаимодействий экипажа в случае нештатной посадки в различных климатогеографических зонах.

Полет на борту транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-12М»

Старт транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА-12М» был произведен 26 марта 2014 года с космодрома Байконур (рис. 2).



Рис. 2. Старт корабля «Союз ТМА-12М»

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно, $T_{КП} = 00:17:23$; $T_{КО} = 00:26:12$ ДМВ. В процессе предстартовой подготовки замечаний к работе бортовых систем не выявлено.

На 1-м витке проведен контроль герметичности отсеков корабля, тест СУДН № 1, тест двух комплектов КУРС, выполнен режим ВИПШ в автоматическом режиме, проведен двухимпульсный маневр № 1. Выданы два импульса на подъем орбиты $31,23$ м/с и $25/08$ м/с соответственно.

В сеансе связи второго витка выполнен тест ручного управления без замечаний. На 2-м витке полета при выполнении маневра № 2 во время разворота не сформировался признак ГСО, что привело к аварии «не включение СКД» и прохождению команды ОДР, о чем экипаж доложил на Землю в сеансе связи третьего витка. По указанию с Земли на 5–6 витках был выполнен дополнительный маневр для формирования орбиты фазирования с переходом на двухсуточную схему сближения. Выданные импульсы – $34,23$ м/с и $24/79$ м/с. Построена солнечная ориентация с закруткой (СОиЗ) по целеуказаниям.

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

На 17-м витке проведен одноимпульсный маневр № 2. Выдан импульс 1,99 м/с на ДПО-БТ. После маневра выполнена СОиЗ по целеуказанию. Программа работы вторых суток полета выполнена полностью.

28 марта на 32–34 витках полета выполнен режим автоматического сближения и стыковки со станцией к модулю МИМ2 ($T_{МЗ} = 02:53:33$ ДМВ).

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля, контроль герметичности стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открытие переходных люков. Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы автономного полета ТПК «Союз ТМА-12М».

10 сентября 2014 года, завершив программу полета на борту МКС, экипаж экспедиции МКС-39/40 приступил к подготовке к возвращению на Землю. На 11-суточном витке выполнена расконсервация корабля. Переход на автономное питание выполнен в 22:50:40 ДМВ по КРЛ на 12-м суточном витке. После разрешения ЦУПа в 22:51:00 выполнили ЗПЛ. На этом же витке выполнили проверку герметичности переходных люков.

Подготовка к расстыковке проводилась по штатной программе полета. На 13-суточном витке, после перехода в СА и закрытия люка СА-БО, выполнили проверку герметичности скафандров и люка СА-БО. Проверка прошла без замечаний.

Расстыковка выполнена на 14-суточном витке в автоматическом режиме с одним импульсом отвода. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа выдана экипажем в 02:00:00 ДМВ.

Спуск выполнялся по штатной программе. Включение СУДН для выполнения спуска было выполнено на 15-суточном витке, посадка – на 1-суточном витке. По указанию ЦУПа в 04:10:00 ДМВ экипаж запретил ИКВ-1 и ИКВ-2. Время включения СКД для выдачи тормозного импульса – 04:58:21 ДМВ. После разделения отсутствовала связь ЦУПа с экипажем и восстановилась после ввода ОСП. Спуск в атмосфере выполнен в режиме АУС. Внеатмосферный промах составил +1 с. Максимальная перегрузка – 4,27 единицы. Посадка СА осуществлена 11 сентября 2014 года в 05:23:00 ДМВ в расчетной точке с координатами 47° 18' с.ш., 69° 36' в.д.

Специалисты ПСС обнаружили СА на парашюте в расчетном районе.

Работа по эвакуации началась непосредственно после приземления. Аппарат находился в вертикальном положении, купол погашен.

Полет на борту МКС

Экипаж МКС-39/40 работал на борту МКС 167 суток с 28 марта 2014 года по 11 сентября 2014 года. Экипаж на российском сегменте МКС выполнил обширный объем работ по техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем МКС, программу научных исследований и экспериментов, выполнил ремонтно-восстановительные работы, провел большое число телевизионных репортажей, видео- и фотосъемок.

Для обеспечения дальнейшей эксплуатации МКС в пилотируемом режиме экипажем на российском сегменте выполнены следующие работы по материально-техническому обслуживанию систем и ремонтно-восстановительные работы:

- замена датчиков-сигнализаторов дыма ДС-7А системы «Сигнал-ВМ»;
- диагностика кабельного тракта Бри-КЦП2;
- регламентные работы по натяжению приводного ремня главного двигателя БД-2;
- снятие показаний с оборудования диагностики 74А03 блока распределения силового питания 11М156М СУБК ФГБ;
- диагностика блока сборных шин СЭС ФГБ;
- ресурсная замена блока колонок очистки (БКО) системы СРВ-К2М;
- проведение осциллографирования выходных токов СЭП СМ;
- мониторинг состояния поверхности конструкции герметичных корпусов РС МКС с использованием вихретокового многофункционального прибора МВП-2К;
- регламентное обслуживание клапанов системы «Родник»;
- замена БРП-М в системе СРВ-К2М;
- замена комплекта сменных магистралей откачки конденсата СКВ1, СКВ2;
- замена светильников СМ и СО1;
- замена элементов датчика расхода воздуха ВИР1М в СОА «Воздух»;
- замена клапана ЭЛВ1 с проверкой герметичности водородной магистрали «Электрон-ВМ»;
- замена блока 800А в СЭП СМ;
- замена прибора БУПТ-1М в СМ;
- установка накладных листов на панели интерьера ФГБ с предварительной обработкой дезинфицирующими средствами.

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

- расстыковка ТГК «Прогресс М-22М»;
- стыковка ТГК «Прогресс М-23М»;
- стыковка американского грузового корабля «Dragon» SpaceX-3;
- расстыковка ТГК «Прогресс М-21М»;
- повторная стыковка ТГК «Прогресс М-21М»;
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-11М»;
- расстыковка американского грузового корабля «Dragon» SpaceX-3;
- стыковка ТПК «Союз ТМА-13М»;
- стыковка американского грузового корабля Orb-2 «Cygnus»;
- стыковка европейского грузового корабля ATV-5 «Жорж Леметр»;
- расстыковка американского грузового корабля Orb-2 «Cygnus»;
- расстыковка ТПК «Союз ТМА-12М».

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

Совместный полет с другими экипажами МКС

Во время полета проводились совместные работы с экипажами МКС-38/39, МКС-40/41.

С 28 марта 2014 года по 14 мая 2014 года – совместный полет с экипажем МКС-38/39 в составе:

- Тюрин Михаил Владиславович (бортинженер МКС-38/39, Роскосмос, Россия);
- Матракио Ричард Алан (бортинженер экспедиции МКС-38/39, НАСА, США);

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

С 29 мая 2014 года по 11 сентября 2014 года – совместный полет с экипажем МКС-40/41 в составе:

– Сураев Максим Викторович (бортинженер экспедиции МКС-40, командир экспедиции МКС-41, Роскосмос, Россия);

– Вайзман Грегори Рид (бортинженер МКС-40/41, НАСА, США);

– Герст Александр (бортинженер МКС-40/41, ЕКА, Германия).

10 июня 2014 года обнаружен дым из блока БРП-М. Были выполнены шаги по процедуре EMER-1a 2.3 Пожар в РС. Блок БРП-М был демонтирован, упакован и изолирован в ТК «Прогресс М-23М» для утилизации.

29 июля во время второго пролива горячей водой клапана ГОР на новом БРП-М в зоне установки блока обнаружено задымление и запах гари. По рекомендации специалистов группы СОЖ отключен нагреватель БРП-М. Проведены замеры атмосферы газоанализатором CSA-CP с докладами на Землю. По рекомендации специалистов установлен ранее демонтированный блок. 30 августа 2014 года вновь обнаружен запах гари и признаки дыма в МИМ2. Выявленным источником явился ТБУ-В, установленный 29 августа. Прибор выключен и отключен от розетки РБС.

Внекорабельная деятельность

Во время полета экспедиции МКС-39/40 были выполнены 2 выхода в открытый космос.

Первый выход в открытый космос ВКД-38 осуществлен 19 июня 2014 года продолжительностью 7 ч 24 мин в скафандрах «Орлан-МК» из стыковочного отсека (СО1) «Пирс».

Выход совершили космонавты из состава экспедиции МКС-40: А. Скворцов (рис. 4), О. Артемьев (рис. 5).

Открытие выходного люка стыковочного отсека (СО1) «Пирс» проведено 19 июня 2014 года в 17:10 ДМВ, закрытие – в 00:34 ДМВ.

Основные задачи выхода:

– установка блока активной фазированной антенной решетки (АФАР) единой командно-телеметрической системы (ЕКТС);

– перемещение блока плазменно-волнового комплекса (ПВК-2) научной аппаратуры (НА) «Обстановка» в направлении агрегатного отсека (АО);

– проверка рабочего состояния замков на универсальном рабочем месте по IV пл. РО БДСМ;

– отбор проб-мазков с иллюминатора № 2 по IV пл. РОБЛСМ;

– переустановка моноблоков ТМ/ТС и системы высокоскоростной передачи информации (СВПИ) с фермы несущей научной аппаратуры МРАСА&SEED на переходную балку, демонтаж фермы несущей с отбросом и перемещение переходной балки на место фермы несущей между I-II пл. РО БДСМ.

Особенности выхода:

– оператор поддержки по шлюзованию (М. Сураев) оказывал помощь на этапе входа в скафандры;

– люк ПхО-СУ (СО1) был открыт до завершения проверок герметичности скафандров;

– перед закрытием выходного люка О. Артемьев доложил, что слетела накладка ручки толкателя механизма открытия ВЛ;

– перед открытием ВЛ-1 оператор поддержки по шлюзованию (М. Сураев) доложил о том, что бортиструкция «Выход из СО1» находится в неудовлетворительном состоянии и требуется ее замена;

– доклад О. Артемьева о неудовлетворительном состоянии конструкции ВУ: не затянуты опорные гайки упоров; предложено их подтянуть;

– при выводе АФАР из СО1 возникли значительные затруднения, вследствие этого время выполнения операции существенно увеличилось. Предположительно, нерациональное размещение и фиксация научной аппаратуры внутри СО1;

– при монтаже АФАР возникли значительные затруднения в монтаже одного из замков на поручне СМ. Предположительно, неверный расчет конструкции и некорректность моделирования операции в ГЛ ЦПК и КИСе РКК «Энергия».

Второй выход в космос ВКД-39 осуществлен 18 августа 2014 года из стыковочного отсека «Пирс» в скафандрах «Орлан-МК» продолжительностью 5 ч 10 мин. Выход совершили космонавты А. Скворцов и О. Артемьев.

Время открытия выходного люка стыковочного отсека «Пирс» – 17:02 ДМВ, закрытие – в 22:12 ДМВ.



Рис. 4. Работа в открытом космосе А. Скворцова

Целевые задачи выхода:

– запуск наноспутника «ЧАСКИ-1»;

– монтаж научной аппаратуры «Expose-R» на доставляемом универсальном рабочем месте по II пл. РОБДСМ;

– установка зажима для дополнительной фиксации замка механического адаптера выносного блока активной фазированной антенной решетки (АФАР) между II-III плоскостями кольцевого поручня РОБДСМ;

– отбор проб-мазков с иллюминатора № 13 РО МД СМ (космический эксперимент «Тест»);

– установка прибора блока контроля давления и осаждения (БКДО) на МИМ2;

– демонтаж съемной кассеты-контейнера № 1-М2 и установка кассеты съемной кассеты-контейнера № 2-М2 на МИМ2;

- снятие панели 2а космического эксперимента «Выносливость» на МИМ2;
- снятие третьего контейнера «Биориск-МСН» на СО1;
- проведение фотосъемок ЭВТИ внешней поверхности РС МКС.

Особенности выхода:

- оператор поддержки по шлюзованию (М. Сураев) оказывал помощь на этапе входа в скафандры;
- люк ПхО-СУ (СО1) был открыт до завершения предварительной проверки герметичности скафандров;
- в процессе выполнения операций по установке дополнительного зажима на АФАР ЕКТС О. Артемьевым отмечено, что после закручивания «барашка» на зажиме через некоторое время появляется эффект не полностью затянутого винта зажима адаптера. После консультаций со специалистом по полезной нагрузке было принято решение оставить зажим в прежнем состоянии, дополнительно зафиксировав его проволочным фиксатором.



Рис. 5. А. Скворцов и О. Артемьев во время выхода в открытый космос

Предложения и замечания экипажа по внекорабельной деятельности

При работе с американским навесным оборудованием (светильники и камера) возникли некоторые трудности из-за того, что ознакомительные занятия с экипажем не проводились.

На борту отсутствуют линзы Френеля, а также очки, которые могут быть использованы при необходимости для работы в скафандре «Орлан МК».

Целесообразно планировать время для осмотра оборудования перед выполнением ВКД. Целесообразно привлекать третьего оператора поддержки для оказания помощи в процессе проведения тренировок по скафандру, а также при выполнении процедур прямого шлюзования.

Следует рассмотреть возможность дополнительной фиксации на элементах скафандра инструмента и оборудования с помощью ворсовой ленты или ее аналогов.

Необходимо продолжить работы по размещению на скафандре видеокамеры GoPro и оптимизации размеров гермоконтейнера камеры.

Основные задачи экипажа при выполнении научной программы

В процессе полета экипажем на борту российского сегмента МКС выполнялись исследования и эксперименты на основании «Программы реализации научно-прикладных исследований».

В ходе полета экипаж выполнил 45 (три новых) экспериментов, из них семь в автоматическом режиме. Структура российской научной программы МКС-39/40 представлена в таблице.

Таблица

№ п/п	Направления исследований	Всего	С участием экипажа
1	Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса	1	1
2	Исследование Земли и космоса	10	7
3	Человек в космосе	8	8
4	Космическая биология и биотехнология	15	15
5	Технологии освоения космического пространства	15	11
6	Образование и популяризация космических исследований	4	4
Всего:		52	45

Распределение выполненных научно-прикладных исследований и экспериментов на борту МКС-39/40 по направлениям представлено на диаграмме.

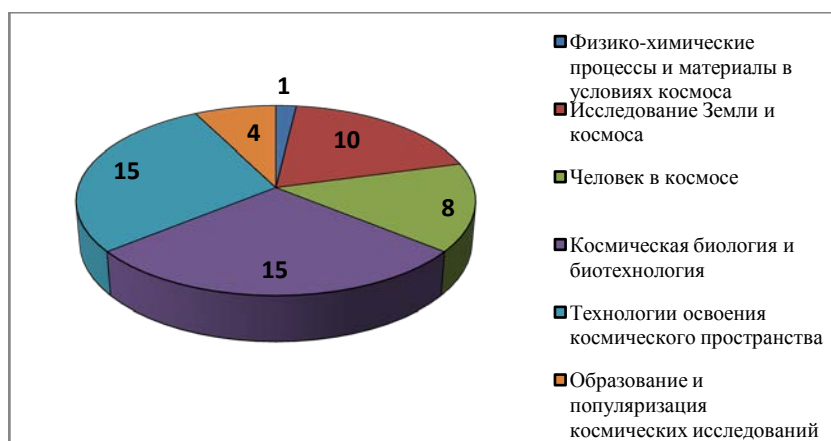


Диаграмма. Распределение космических экспериментов в полете МКС-39/40

Наибольшее количество экспериментов было проведено по направлениям «Космическая биология и биотехнология», «Технологии освоения космического пространства» и «Исследование Земли и космоса» (рис. 6, 7).

В период полета экипажа МКС-39/40 были начаты 5 новых экспериментов:

- МБИ-25 «Пародонт-2»;
- БИО-14 «Биосигнал»;
- ТЕХ-19 «Отклик»;
- ТЕХ-19 «Эпсилон-НЭП» (включая ВКД-39);

- АСР-4 «IVA Clothing Study».
- Контрактные эксперименты:
- КНТ-36 «Expose-R» (включая ВКД-39).
- Эксперименты на АС МКС в интересах российских ученых:
- АСР-1 «SPHERES» – Zero Robotics»;
 - АСР-2 «EarthKAM»;
 - АСР-3 «Бар UBNT-1»;
 - АСР-4 «IVA Clothing Study (тестирование одежды ВнуКД).



Рис. 6. О. Артемьев во время выполнения КЭ «Мембрана»



Рис. 7. А. Скворцов во время выполнения КЭ «Константа»

Заключение

Подводя итоги результатов подготовки и выполнения программы полета экипажа длительной экспедиции МКС-39/40, можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Уровень подготовленности экипажа МКС-39/40 по транспортному кораблю «Союз ТМА-12М» и российскому сегменту МКС позволил экипажу успешно выполнить запланированную программу космического полета.

2. Полет экипажа МКС-39/40 продолжил этап эксплуатации МКС международными экипажами из шести человек, в числе которых три космонавта Роскосмоса.

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

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Виноградов П.В., Мисуркин А.А. Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-35/36 при выполнении программы космического полета // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(10). – 2014. – С. 4–16.
- [2] Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-36/37 при выполнении программы космического полета // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(11). – 2014. – С. 4–17.

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-39/40
(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-39/40. Дается краткая характеристика функционирования систем медицинского обеспечения полета и поддержания стабильности среды обитания космонавтов на РС МКС. Подведены итоги выполнения рекомендаций медицинских специалистов, программы медицинского контроля и использования бортовых средств профилактики нарушения состояния здоровья космонавтов в полете.

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

Express Analysis of Medical Support of the ISS-39/40 Crew Members.**V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova**

The paper presents the results of medical maintenance of the ISS-39/40 expedition members. It also gives a brief description of operation of the system of mission medical support and maintaining the stability of human environment aboard the ISS RS. Besides, the paper sums up the results of implementation of medical recommendations, the program of medical monitoring and the use of the onboard means to prevent the alteration of cosmonauts' health status in spaceflight.

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

Выполнение программы полета

26 марта 2014 года в 00:17:23 ДМВ с 5-й пусковой установки 1-й площадки космодрома Байконур стартовые расчеты предприятий Роскосмоса выполнили пуск ракеты-носителя «Союз-ФГ» с пилотируемым космическим кораблем «Союз ТМА-12М». В составе экипажа: командир корабля и бортинженер-1 экспедиции МКС-39/40 космонавт-испытатель 3-го класса Роскосмоса Александр Александрович Скворцов; бортинженер-1 корабля и бортинженер-2 МКС-39/40 космонавт-испытатель Роскосмоса Олег Германович Артемьев; бортинженер-2 корабля, бортинженер-3 МКС-39/40 и командир МКС-40 астронавт НАСА Стивен Рэй Свонсон. Позывной экипажа – «Утесы».

Первоначально стыковка ТПК «Союз» планировалась по короткой четырехвитковой схеме. Однако на втором витке после выведения возникла нештатная ситуация – сбой в работе системы ориентации. После анализа ситуации наземными специалистами было принято решение о переходе на 2-суточную схему стыковки.

Во время автономного полета на ТПК космонавты выполняли маневры сближения, вели служебные радиопереговоры с Землей. Самочувствие экипаж оценивал как хорошее. Рабочая нагрузка в эти дни планировалась в пределах 5,5–6 часов. В ночь с 27 на 28.03.14 г. после выполнения ряда подготовительных операций в 23:53 GMT/02:53 ДМВ была проведена стыковка ТПК № 712 с МКС штатно, в автоматическом режиме.

После открытия переходного люка (11:00 GMT/14:00 ДМВ) и перехода на станцию космонавты занимались переносом грузов из ТПК № 712, провели инструктаж по безопасности. Согласно штатному расписанию МКС функции БИ-1 были возложены на космонавта А. Скворцова, БИ-2 – на космонавта О. Артемьева и БИ-3 – на астронавта НАСА С. Свонсона.

После завершения рабочего дня 28.03.14 г. всем космонавтам было предоставлено время для отдыха и сна с 11:00 (GMT) до 06:00 утра продолжительностью 19 часов.

По оценке специалистов ГМО РТО экипажа ТПК № 712 в день стыковки был напряженным в связи с выполнением сложной динамической операции по стыковке и повышенной рабочей нагрузкой у космонавтов до 9–10 часов. Период бодрствования в эти сутки у экипажа ТПК «Союз» составил 19 часов. В последующие дни полета экипаж МКС работал в штатном режиме сна–бодрствования, сон планировался с 21:30 до 06:00 GMT (рис. 1).

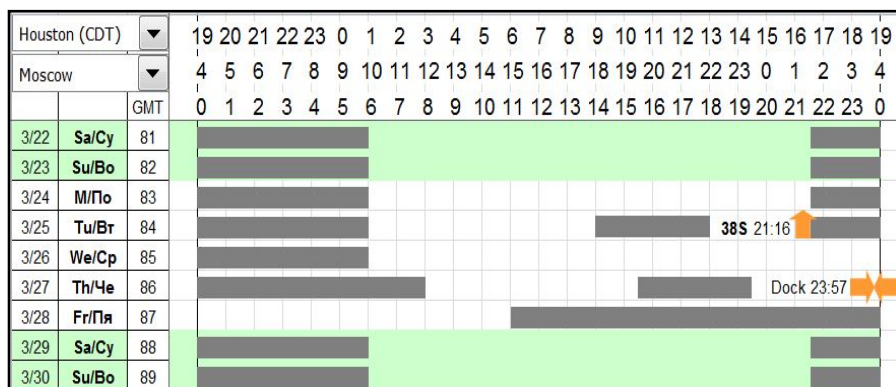


Рис. 1. Режим сна–бодрствование экипажа МКС-39/40

С 29.03.14 г. рабочая зона у экипажа была сокращена на 1 час. Это время планировалось для адаптации и ознакомления со станцией.

На третьей неделе полета экипажу планировалось 4 рабочих и 3 дня отдыха. Третий день отдыха был предоставлен экипажу в связи с празднованием в России Дня космонавтики.

09.04.14 г. в 21:14 GMT/00:14 ДМВ была осуществлена стыковка ТПК № 427 с МКС в автоматическом режиме.

На 4-й и 5-й неделях полета (16.04.14 г.–29.04.14 г.) плановая рабочая нагрузка у российских космонавтов соответствовала требованиям нормативных документов.

12.05.14 г. на станции была проведена церемония передачи командования, в результате чего КЭ МКС стал астронавт НАСА С. Свонсон, был подписан акт между БИ-4 и БИ-1 о передаче смены по РС.

В ночь на 14.05.14 г. после завершения укладки грузов в ТПК № 711 и расконсервации корабля, в 01:34 ДМВ была проведена расстыковка ТПК № 711.

В ночь с 28 на 29.05.14 г. (10-я неделя) состоялась стыковка ТПК «Союз ТМА-13М» с МКС. В последующие дни космонавты продолжили работы на станции в штатном режиме сна–бодрствования. Согласно плану с 04.06.14 г. БИ-1 и БИ-2 приступили к подготовке к предстоящей ВКД-38.

11.06.14 г. (12-я неделя) рабочий день у БИ-2 был достаточно напряженным в связи с необходимостью проведения срочных работ по демонтажу и замене блоков БРП (блок раздачи и подогрева). Накануне, 10.06.14 г. в СМ (в дневное время) возникло задымление в районе расположения БРП. БИ-2 успешно произвел замену БРП, кроме того, выполнил работы по подготовке СК.

После завершения подготовительных работ 19.06.14 г. БИ-1 и БИ-2 выполнили операцию «Выход» ВКД-38 (рис. 2).

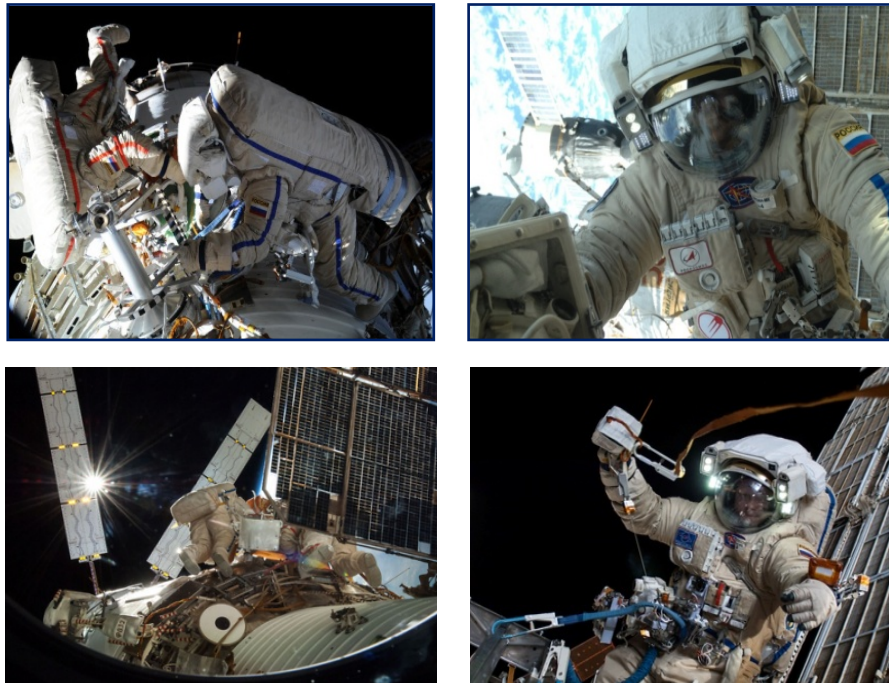


Рис. 2. Операция «Выход» ВКД-38

Время ВКД планировалось 6,5 часа, фактически оно составило 7 часов 23 минуты. При проведении ВКД КЭ находился в МИМ2, БИ-3, 4 и 5 располагались в ФГБ.

На 18-й неделе полета (23–29.07.14 г.) РТО российского экипажа в первые три дня недели был напряженным в связи с подготовкой, проведением стыковки ТКК № 423 с МКС и последующей разгрузкой срочных грузов. В эти дни экипаж работал в условиях измененного режима сна–бодрствования.

12.08.14 г. (20-я неделя) БИ-1 вместе с БИ-6 выполнили операции по подготовке к сближению и стыковке ATV-5 с МКС. Стыковка проведена в штатном режиме.

18.08.14 г. (21-я неделя) БИ-1 и БИ-2 выполнили очередную операцию «Выход» ВКД-39. Время ВКД составило 5 часов 12 минут. Во время ВКД космонавты выполнили монтаж НА, установили прибор АФАР на МИМ2, запустили наноспутник и другие работы.

30.08.14 г. экипаж занимался устранением нештатной ситуации в районе МИМ2. На поиск и устранение причины задымления космонавты затратили более 2,5 часа.

09.09.14 г. состоялась церемония передачи командования. Функции КЭ МКС были возложены на космонавта М. Сураева, кроме того, был подписан акт о передаче смены по РС.

Перед расстыковкой ТПК сон экипажу в ночь с 9 на 10.09.14 г. планировался с 23:30 до 11:00 GMT продолжительностью 11,5 часа. 10.09.14 г. после завершения укладки срочных грузов в ТПК «Союз» и расконсервации корабля в 02:01 ДМВ была проведена расстыковка ТПК № 712. Посадка СА осуществлена 11.09.14 г. в 05:23 ДМВ в заданном районе.

Таким образом, 169-суточный полет был завершён.

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

Общее полетное время экипажа МКС-39/40 составило 169 суток, из которых БИ-1 и БИ-2 планировались 112 рабочих и 57 дней отдыха.

За весь полет суммарная плановая продолжительность работ в дни отдыха у БИ-1 составила 62,5 часа, у БИ-2 – 71,5 часа. Фактически в дни отдыха БИ-1 на выполнение рабочих операций затратил 109,5 часов, БИ-2 – 103 часа. На работы по программе Task List в дни отдыха БИ-1 планировалось 104,5 часа, БИ-2 – 109,5 часа. Фактически на эти работы БИ-1 затратил 51 час, БИ-2 – 59 часов. Общее время работ в дни отдыха у БИ-1 и БИ-2 составило по 160,5 часа.

По поводу сдвигов сна, которые были во время полета, БИ-1 заметил: «Лично я любые сдвиги сна не люблю. Меня это сильно выбивает из колеи. Я понимаю, что нужно, необходимо, но субъективно я не переношу их. Я против сдвигов, которые предпринимались и на Байконуре во время предстартовой подготовки».

Во время полета космонавты выполнили большой объем работ по Task List. По мнению экипажа, эти работы были интересны для них.

Во время полета БИ-1 в начальном этапе полета спал около 6 часов, в последующем сон у БИ-1 составлял по 8 часов. У БИ-2 сон был 5–6 часов во время всего полета.

На заключительной неделе полета космонавты выполнили большой объем работ по подготовке возвращаемых грузов и укладке грузов на ТПК № 712. В последнюю ночь перед расстыковкой БИ-1 вообще не спал, БИ-2 спал около 4 часов.

Несмотря на имевшие место отклонения РТО, космонавты вполне успешно выполнили свою программу полета. Успешному выполнению программы полета во многом способствовали опыт и профессионализм БИ-1, приобретенные в предыдущем полете, оптимальная организация работ на станции, разумное взаимодействие и взаимопомощь российских космонавтов, работающих на станции, а также настрой на своевременное выполнение профессиональных задач.

Состояние здоровья и медицинское обеспечение членов экипажа в полете

Самочувствие членов экипажа МКС-39/40 на всех этапах полета оставалось хорошим.

По данным радиопереговоров и докладам КК самочувствие членов экипажа транспортного корабля «Союз ТМА-12М» № 712 во время выведения и орбитального полета было хорошим.

Выведение, автономный полет ТПК «Союз ТМА-12М» и стыковку с МКС перенесли хорошо. Сонливости и утомления не было. В период автономного полета на ТПК, когда была возможность (во время «глухих» витков) спали – БИ-1 в СА, БИ-2 в БО, использовали спальные мешки.

У БИ-1 перегрузки на выведении соответствовали ожидаемым. Симптомов болезни движения не было, даже не было необходимости ограничивать движения головой. Симптомы перераспределения жидкости к голове были невыраженными. При входе на станцию вестибулярных расстройств не было. После выполнения предписанных после стыковки работ и приема пищи спал около 7 часов.

БИ-2 перегрузки на выведении ощущал меньше, чем во время ознакомительных вращений по графику выведения на ЦФ. Однократно, на четвертом часу автономного полета, при разгрузке контейнера в БО почувствовал симптомы болезни движения. После того, как в течение трех минут побыл в покое, не двигаясь и не вращая головой, симптомы исчезли. БИ-2 подготовил укладку БД для использования в случае повторного появления симптомов. В первые несколько часов на орбите достаточно выраженными были симптомы перераспределения жидкости к голове в виде чувства прилива крови к голове, одутловатости век. Однако носовое дыхание затрудненным не было, головной боли не было. Через 5 часов после выведения надел изделие «Браслет-М» и поспал около 1,5 часа. После пробуждения симптомов перераспределения жидкости к голове уже не ощущал.

При входе на станцию вестибулярных расстройств не было. После выполнения предписанных после стыковки работ и приема пищи спал около 8 часов.

Начальный этап острого периода адаптации к невесомости для БИ-1 и БИ-2 протекал благоприятно.

20.06.14 г. в переговорах со специалистом по ВКД БИ-1 и БИ-2 отметили, что после тренировки в СК и ВКД-38 имеются намины в области плеч, натертости на указательных пальцах.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа 20.06.14 г. с БИ-1 и БИ-2 после ВКД самочувствие и настроение у БИ-1 и БИ-2 были хорошие. Подгонка скафандров была хорошей. Система охлаждения работала эффективно, температурный режим был комфортным на протяжении всего «Выхода». У БИ-1 и БИ-2 физическое утомление после ВКД-38 было значительным, но на момент завершения «Выхода» по их ощущениям у них еще оставались функциональные резервы на несколько часов работы в скафандре. Симптомов декомпрессионных расстройств не было.

19.08.14 г. БИ-1 и БИ-2 после ВКД жалоб на состояние здоровья не предъявляли, самочувствие было хорошим. Полностью удовлетворены выполнением программы ВКД. Во время шлюзования перепады давления переносились хорошо. Симптомов декомпрессионных расстройств не было.

Физиолого-гигиеническая характеристика среды обитания

Параметры микроклимата МКС

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

Замечания экипажа по температуре воздуха в СМ:

22.04.14 г. БИ-2 отметил, что в СМ уже несколько дней подряд достаточно прохладно, носит теплую кофту с длинными рукавами.

03.06.14 г. БИ-1 сообщил, что в СМ стало теплее, температура комфортная.

07.06.14 г. экипаж сообщил, что на борту холодно.

08.06.14 г. по сообщению экипажа температура воздуха в СМ комфортная.

30.07.14 г. экипаж сообщил о некомфортной температуре воздуха в РО СМ МКС: «...мы подмерзаем...», и высказал пожелание поднять температуру на 1–1,5 °С. По данным экипажа, температура воздуха в РО в этот момент составляла 20,3 °С (по данным ТМИ 22,1 °С).

22.08.14 г. БИ-1 высказал пожелание понизить температуру воздуха в СМ на 1–2 °С. Температура воздуха в РО СМ по ТМИ составляла 26,2 °С.

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

Жалоб на сухость воздуха от экипажа не поступало.

Для оптимизации влажностного режима периодически отключалась СКВ в РС.

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

Периодически проводились наддувы станции кислородом, воздухом и азотом из ТГК и ATV5.

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

На всем протяжении полета замечаний от экипажа на санитарно-гигиеническое состояние МКС не поступало.

При ежемесячных отборах проб воздуха пробоотборником ИПД-СО в СМ монооксида углерода не определялось; при отборах проб воздуха 11.05.14 г. и 09.09.14 г. пробоотборником ИПД-ННЗ в СМ аммиака не обнаружено.

БИ-1 спал в правой каюте СМ (4 плоскость), БИ-2 спал в модуле NODE на верхней плоскости (overhead), оба использовали спальные мешки.

БИ-1 сообщил, что в каюте при закрытой двери достаточно тихо, поэтому средства защиты слуха во время сна не использовал.

БИ-2 отмечал, что в рабочих объемах станции в воздухе много пыли и, по его мнению, существующий регламент проведения уборки станции (трехчасовая уборка еженедельно по субботам) устарел и не обеспечивает должный уровень чистоты атмосферы. Предлагал дополнительно выделять время на уборку станции в середине рабочей недели.

29.04.14 г. БИ-1 отметил, что все необходимые средства санитарно-гигиенического обеспечения имеются в достаточном количестве. БИ-1 в отчетный период наушники с активным подавлением шума во время сна не использовал, так как один раз не услышал будильника, когда спал в наушниках.

В ночь с 17.05.14 г. на 18.05.14 г. БИ-2 сообщил, что в модуле NODE 2 почувствовал резкий запах, похожий на запах горелой изоляции и горелой бумаги. Со слов БИ-2 запах максимальной концентрации ощущался в модуле NODE 2 в области надирного стыковочного узла, на который был пристыкован Space X-3. Также запах ощущался в модуле LAB и NODE 3.

13.08.14 г. во время первого входа в ATV5 результаты замеров СО пробоотборниками ИПД показали превышение ПДК, в связи с чем выдана рекомендация провести повторный контроль СО пробоотборником ИПД и продлить время очистки атмосферы ATV5 на 1,5 часа (до 7,5 часа). 14.08.14 г. перед окончательным входом в ATV5 проведены дополнительные заборы проб воздуха газоанализатором SMS; по результатам двух замеров содержание СО в атмосфере корабля менее 5 ppm. Работы по отбору проб в ATV5 экипаж проводил в СИЗ (респираторы, очки, матерчатые перчатки).

Питание и водопотребление

На всем протяжении полета замечаний от экипажа в сеансах радиосвязи не поступало.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа, на всем протяжении полета у БИ-1 и БИ-2 аппетит был хороший, водопотребление в норме.

29.03.14 г. в период автономного полета на ТПК аппетит был хороший, с удовольствием принимали пищу и пили сок.

08.04.14 г. БИ-2 отметил, что периодически попадают партии негерметичных пищевых пакетов, в отчетный период протек пакет с чаем.

15.04.14 г. экипаж сообщил, что с удовольствием употребляют доставленные на ТПК № 427 свежие фрукты и овощи. В качестве пожеланий отмечали, что лучше бы поставили побольше свежих овощей и поменьше горчицы – по 5 туб в контейнере, всего около 25 туб. Продуктов из бонусных контейнеров было достаточно.

Результаты акустических измерений

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

Анализ полученных данных показал, что шумовая нагрузка у БИ-2 за дневной период времени превышает предельнодопустимый уровень на 16,1–11,3 Дба, за ночной период времени полученные данные практически не превышают нормативные значения.

У БИ-1 данные не получены в связи с некачественными батарейками питания прибора.

27.05.14 г. проводились замеры эквивалентного уровня звука внутри туалетов американского (Node 3) и российского (СМ) сегментов.

Внутри кабины АСУ модуля Node 3 эквивалентные уровни звука за 14 часов дневного периода превышают допустимые значения на 5 дБА, а за 8 часов ночного периода – на 14,5 дБА.

Внутри кабины АСУ российского сегмента за 14 часов дневного периода эквивалентные уровни звука превышают допустимые значения на 10,2 дБА, а за 8 часов ночного периода – на 20,1 дБА.

Выдавались рекомендации:

1. В связи со значительным превышением допустимых значений акустической нагрузки за дневной период времени всем членам экипажа использовать средства индивидуальной защиты слуха (беруши и/или наушники) при работе в местах расположения шумящего оборудования.

2. Закрывать дверь каюты на период сна и использовать средства индивидуальной защиты слуха (беруши и/или наушники).

07.07.14 г.–10.07.14 г. проводились работы по определению индивидуальной шумовой нагрузки за дневной и ночной периоды времени с использованием индивидуальных акустических дозиметров (IAD, фирмы Noise Pro). Анализ полученных данных показал, что индивидуальная шумовая нагрузка превышает предельнодопустимый уровень (ПДУ) за дневной период у российских космонавтов на 8,3–8,8 дБА, за ночной период – на 2,1–14,2 дБА.

01.08.14 г. исследование акустической обстановки проводилось в модулях РС МКС (СМ, СО1 и МИМ2) с использованием SLM. Акустические замеры проводились по общему уровню (L_A , дБА) и уровням звукового давления (L , дБ) в контрольных точках (КТ) вдоль продольной оси X указанных модулей и в местах сна членов экипажей.

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

В служебном модуле на рабочих местах превышения допустимых значений по общему уровню составили 0,7–6,6 дБА с максимальным значением в КТ1 (ПхО), в каютах имели место превышения уровня звука на 4,2–7,0 дБА, с максимальным значением в правой каюте.

В СМ измерения проводились после замены трех вентиляторов на малошумные аналоги.

В МИМ2 на рабочих местах превышения допустимых значений шума по общему уровню составили 4,9–9,8 дБА с максимальным значением в КТ1.

Проведенная замена вентиляторов в СМ и в СО1 (31.07.2014 г.) способствовала снижению уровня шума в СМ (ПхО и ПрК) на 4,8 дБА и 3,7 дБА, а в СО1 (КТ 1) – на 2 дБА.

Радиационная обстановка в РС МКС

За время полета РО внутри станции в основном оставалась спокойной.

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

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

В работе использован комплект дозиметрических датчиков в количестве 11 ед.

Результаты обработки показаний датчиков в виде среднесуточной мощности показали, что наименьшая мощность поглощенной дозы зарегистрирована в СМ, на панели 327 (275 мкГр/сут или 27,5 мрад/сут). Большая мощность поглощенной дозы зарегистрирована в правой каюте СМ (419 мкГр/сут или 41,9 мрад/сут).

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

Во время проведения ВКД 23.04.14 г. были использованы следующие датчики: АО307 находился в скафандре БИ-3, АО309 – в скафандре БИ-5, АО312 в NOD2 в каюте.

Во время ВКД-38 19 июня 2014 г. использовались датчики: АО307 находился на подносе пульта Пилле, АО309 – в скафандре БИ-1, АО310 находился в скафандре БИ-2. Измеренная поглощенная доза по указанным датчикам не превышала допустимых значений.

Российские и американские бортовые средства обеспечивали условия радиационного мониторинга МКС. Радиационные лимиты не превышены (рис. 3).

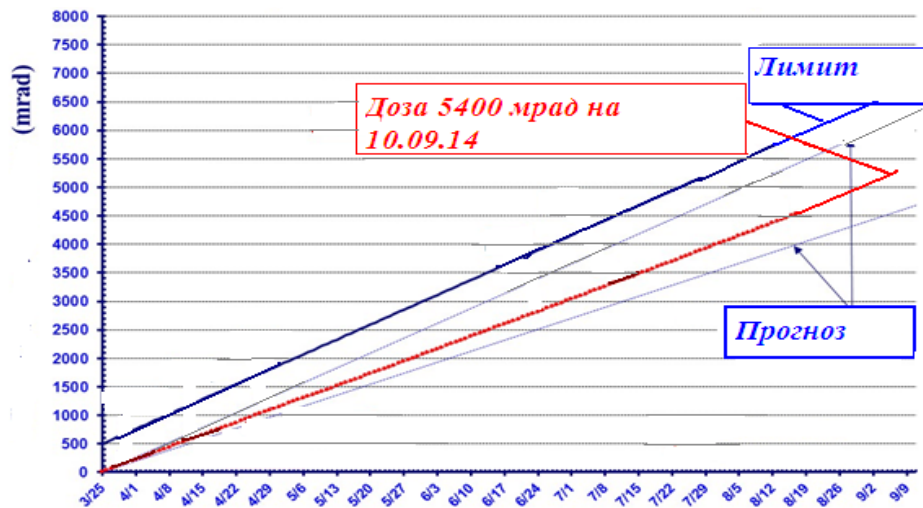


Рис. 3. Радиационные лимиты экипажа МКС-39/40

Система профилактики в полете

29.03.14 г. БИ-1 и БИ-2 планировалось ознакомление с оборудованием и процедурами выполнения физических тренировок (ФТ) на бортовых тренажерах и по одной ФТ.

С 30.03.14 г. физические тренировки планировались по российской программе два раза в день (периодически блоком) общей продолжительностью 2,5 часа на БД-2 и ВБ-3М/ARED с чередованием.

С 11.08.14 г. в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета и рекомендациями специалистов, БИ-1 и БИ-2 планировались двухразовые тренировки на бегощей дорожке БД-2/Т2 с заменой через день одного занятия тренировки на ARED, и ОДНТ-тренировки (с 26.08.14 г.). 10.08.14 г. у БИ-1 и БИ-2 проведено ознакомление с процедурами ФУ на Т2 перед использованием тренажера на заключительном этапе полета.

Профилактическое изделие «Браслет-М» использовали в период автономного полета; на МКС БИ-1 «Браслет-М» не использовал, БИ-2 использовал до 30.03.14 г. в период бодрствования, затягивая манжеты не сильно (до второй риски).

Примерка и подгонка противоперегрузочного костюма «Кентавр» у БИ-1, БИ-2 25.08.14 г. (153 сутки полета) проведена без замечаний.

По ежедневным докладам экипажа ФТ выполнялись в полном объеме.

В качестве примера приводится заключение о выполнении БИ-1 ФТ на БД-2 в период с 12.08.14 г. по 24.08.14 г. (139–152 сутки полета): «получено 9 записей выполнения ФТ на бегощей дорожке БД-2».

Продолжительность отдельных тренировочных занятий составляла от 32 до 42 мин. Объем локомоторной нагрузки в отдельных тренировочных занятиях составлял от 2787 м до 4330 м, что соответствовало от 89,9 % до 139,7 % от норматива.

ФТ БИ-1 выполнялись по трехдневному микроциклу в соответствии с протоколами БД. 13.08.14, 17.08.14 и 22.08.14 г. – тренировки по первому дню микро-

цикла, 15.08.14, 20.08.14 и 23.08.14 г. – тренировки по протоколу, близкому ко второму дню БД: первый интервал выполнялся в активном режиме, а интервалы бега в пассивном режиме имели возрастающий характер; 12.08.14, 16.08.14, 21.08.14 и 24.08.14 г. – тренировки по третьему дню микроцикла.

Общий объем локомоторной нагрузки на БД-2 за указанный период составил 32 996 м (7529 м – ходьба в активном режиме, 2337 м – ходьба в пассивном режиме, 11 229 м – бег в активном режиме дорожки со скоростью 9,1–14,0 км/ч, 5223 м – бег в активном режиме дорожки со скоростью 7,6–9,0 км/ч, 3190 м – бег в активном режиме со скоростью 5,6–7,5 км/ч, 3488 м – бег в пассивном режиме).

Величина осевой нагрузки на тело перед началом ФТ составляла 54–57 кг, что соответствует 58,1–61,4 % от веса тела БИ-1. Максимальная скорость бега в активном режиме в тренировках по первому дню микроцикла составляла 14 км/ч, по второму дню микроцикла – 12 км/ч, по третьему дню микроцикла – 13 км/ч. В пассивном режиме максимальная скорость составила 8,5 км/ч. Максимальное значение ЧСС за указанный период составило 171 уд/мин при выполнении бега в пассивном режиме в тренировке по второму дню микроцикла БД.

Уровень физической тренированности БИ-1 оценивался как хороший.

Заключение о выполнении БИ-2 ФТ на БД-2 в период с 13.08.14 г. по 24.08.14 г. (141–152 сутки полета): получено 10 записей выполнения ФТ на бегущей дорожке БД-2.

Продолжительность отдельных тренировочных занятий составляла от 14 до 52 мин. Объем локомоторной нагрузки в отдельных тренировочных занятиях составлял от 893 до 4212 метров, что соответствовало от 28,8 % до 135,8 % от норматива.

Практически все ФТ БИ-2 выполнял в соответствии с протоколами микроцикла БД. 13.08.14 г. и 21.08.14 г. – тренировки по первому дню, 22.08.14 г. – тренировка по второму дню микроцикла, 15.08.14 г. и 23.08.14 г. – тренировки по третьему дню микроцикла, 16.08.14, 20.08.14 и 24.08.14 г. – тренировки выполнялись по личному протоколу и состояли из ступенчато возрастающего бега и ходьбы в активном и пассивном режиме.

Общий объем локомоторной нагрузки на БД-2 за указанный период составил 26 199 м (4549 м – ходьба в активном режиме, 3962 м – ходьба в пассивном режиме, 8389 м – бег в активном режиме дорожки со скоростью 9,1–14,0 км/ч, 4288 м – бег в активном режиме дорожки со скоростью 7,6–9,0 км/ч, 1408 м – бег в активном режиме дорожки со скоростью 5,6–7,5 км/ч, 3603 м – бег в пассивном режиме).

Величина осевой нагрузки на тело перед началом ФТ составляла 59–66 кг, что соответствует 63,5–71 % от веса тела БИ-2. Максимальная скорость бега в активном режиме в тренировках по первому дню микроцикла составляла 14 км/ч, по второму дню микроцикла – 12 км/ч, по третьему дню микроцикла – 13 км/ч. В пассивном режиме максимальная скорость бега составила 8,1 км/ч. Максимальное значение ЧСС за тренировку составило 163 уд/мин.

Уровень физической тренированности БИ-2 оценивался как хороший.

04.06.14 г. (71 сутки полета) БИ-1 и БИ-2 выполнили локомоторную пробу МО-3 на дорожке БД-2. Временные характеристики и структура теста полностью соответствовали требованиям бортовой документации.

БИ-1 тест выполнил в пассивном режиме полотна бегущей дорожки. Осевая нагрузка на тело во время теста была неизменной и составляла 54 кг, что соответствует 58 % от веса БИ-1.

Пройденное за время пробы расстояние составляло 1139 метров, что больше пройденного расстояния до полета на 19 %.

БИ-2 тест выполнил в пассивном режиме полотна бегущей дорожки. Осевая нагрузка на тело во время теста была неизменной и составляла 69 кг, что соответствует 74,3 % от веса БИ-2.

Пройденное за время пробы расстояние составляло 1111 метров, что меньше, чем пройденное расстояние до полета на 7,8 %.

На заключительном этапе полета БИ-1 и БИ-2 выполнили ОДНТ-тренировки (рис. 4, 5).

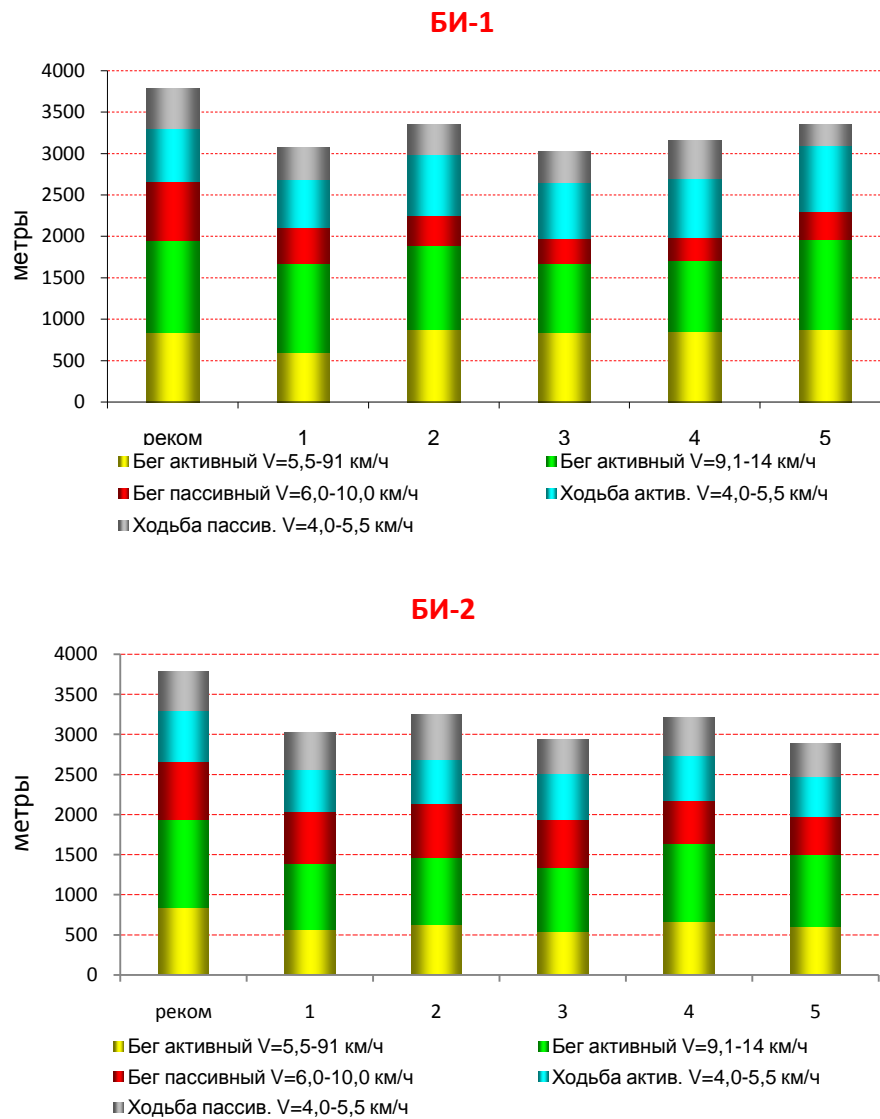


Рис. 4. Относительное распределение режимов локомоций за одну тренировку МКС-39/40

Схемы локомоторных тренировок БИ-1 и БИ-2

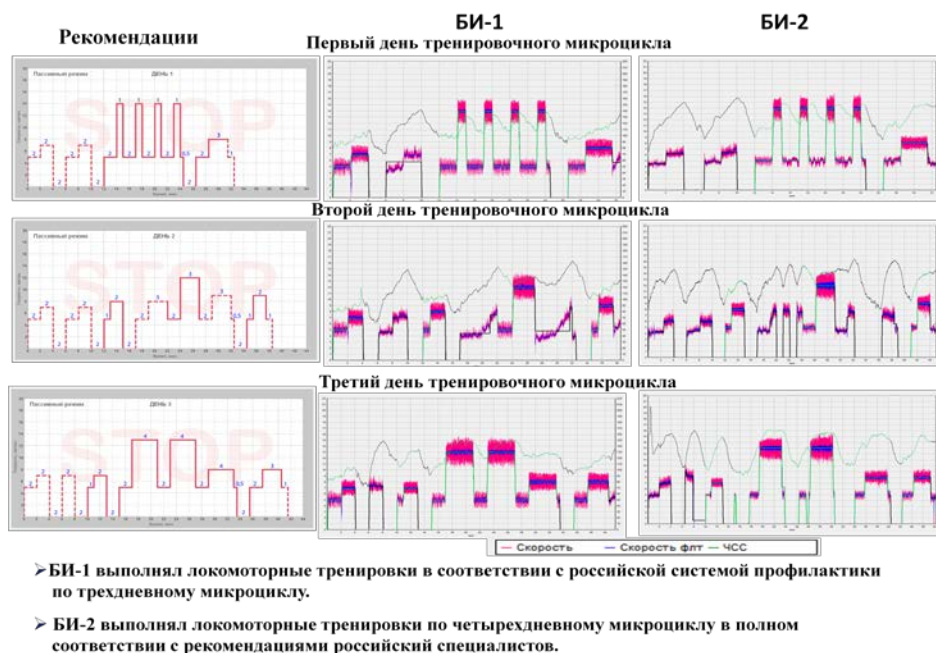


Рис. 5. Схемы локомоторных тренировок

Медико-биологические эксперименты в период МКС-39/40

Медико-биологические эксперименты в период полета экипажа МКС-39/40 были выполнены полностью. Программа состояла из следующих экспериментов: «Биориск», «Биосигнал», «Регенерация-1», «Матрешка-Р», IVA, тестирование одежды, «Взаимодействие», «Спланх», «Виртуал», «Пародонт-2», «Мотокард», «Хромато-масс», «Иммуно» (рис. 6).

У всех членов экипажа МКС-39/40 выполнены исследования в рамках эксперимента «Полевой тест» на месте посадки в санитарно-эвакуационной палатке. Объем исследований определялся самочувствием и желанием каждого из членов экипажа.

До и после полета А.А. Скворцов и О.Г. Артемьев выполнили большой объем исследований в рамках КФО и по научной программе, направленных на определение состояния двигательной системы. При этом изучались вызванные полетом изменения различных структур и механизмов в мышечном и нервно-мышечном аппаратах, в системах координации позы и локомоции, в системе вестибулярных реакций.

Как и в предыдущих двух полетах, выполняемая обычно программа пред- и послеполетных обследований была дополнена исследованиями состояния структур головного мозга методом функционального магнитно-ядерного резонанса – эксперимент «Трактография», а также исследованиями по программе «Полевой тест», включающей определение в ранние сроки после завершения космического полета функциональной работоспособности космонавтов, ортостатической и вертикальной устойчивости и локомоторных характеристик.

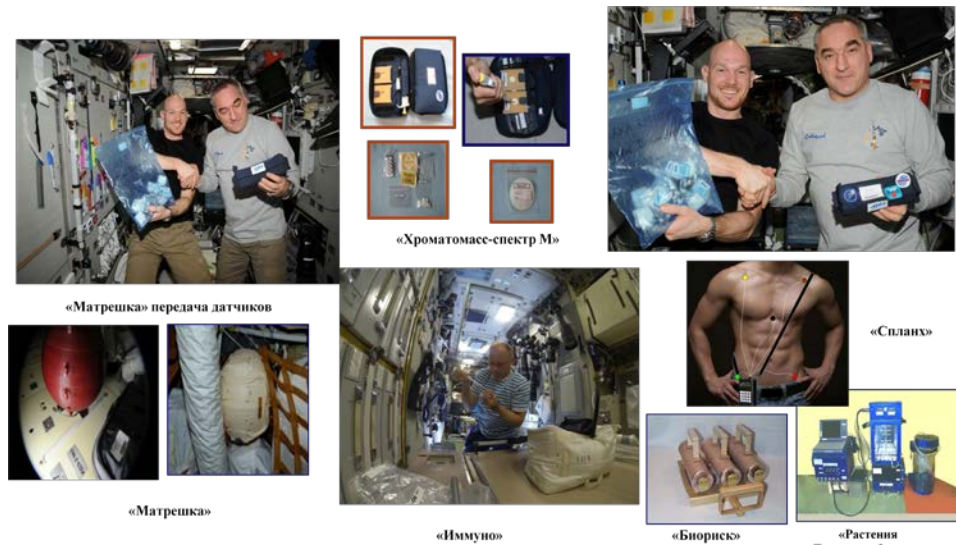


Рис. 6. Медико-биологические эксперименты в период полета МКС-39/40

Заключение

Медицинское обеспечение здоровья экипажей МКС-39/40 осуществлялось в соответствии с требованиями ISS MORD, SSP 50260.

Состояние здоровья членов экипажа в ходе полета оценивается как «хорошее» и «соответствующее длительности полета».

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

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

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

NODE 2 – модуль станции
 TVIS – американская беговая дорожка (тредмил виброизолирующая система)
 АСУ – ассенизационно-санитарное устройство
 ВБ-ЗМ – велоэргометр бортовой
 ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера
 ОДНТ – отрицательное давление на нижнюю часть тела
 СОГС – средства обеспечения газовой среды
 СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности
 СТР – система теплорегуляции
 ФГБ – функциональный грузовой блок

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.78.072.8

СКАФАНДРЫ ДЛЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (К 50-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ВЫХОДА ЧЕЛОВЕКА В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС)

А.В. Алексеев, Г.М. Глазов

Лауреат премии Правительства РФ А.В. Алексеев; лауреат премии Правительства РФ Г.М. Глазов (ОАО «НПП «Звезда»)

Статья посвящена вопросам подготовки и проведения первого выхода человека в открытый космос, описаны особенности конструкции скафандра «Беркут» космонавта А.А. Леонова и мягкой шлюзовой камеры «Волга» корабля «Восход-2». Кратко представлены разработанные на предприятии НПП «Звезда» скафандры для внекорабельной деятельности – скафандры «Ястреб», несколько модификаций скафандров «Орлан», основные технические характеристики современных скафандров «Орлан-МК» и «Орлан-МКС», а также некоторые направления дальнейшего усовершенствования скафандров для внекорабельной деятельности и перспективы создания скафандров для Луны и Марса.

Ключевые слова: внекорабельная деятельность, шлюз «Волга», скафандры «Беркут», «Ястреб», «Орлан», «Орлан-МК», «Орлан-МКС».

AVA suits (50-year anniversary of the first spacewalk of a man).

A.V. Alekseev, G.M. Glazov

The paper is devoted to the issues of the preparation and implementation of the first exit of a man into open space. It describes the design features of "Berkut" suit worn by cosmonaut A.A. Leonov and of the "Voskhod-2" inflatable airlock. The paper briefly describes EVA suits, designed at "Zvezda": "Yastreb" and several modifications of "Orlan" as well as represents the key characteristics of the current "Orlan-MK" and "Orlan-ISS" suits and also some directions of the further development of EVA suits and the prospects of designing spacesuits for the Moon and Mars.

Keywords: extravehicular activity, airlock "Volga", spacesuits "Berkut", "Yastreb", "Orlan", "Orlan-MK", "Orlan-ISS".

Первый выход

Шесть полетов пилотируемых кораблей «Восток» в 1961–1963 гг. показали, что корабли и их оборудование обладают высокой степенью надежности. Для расширения функциональных возможностей новой партии кораблей «Восток» был рассмотрен ряд изменений их конструкции, часть из которых непосредственно касалась изделий НПП «Звезда». В частности, планировалось проведение «мягкой» посадки спускаемого аппарата, то есть исключение катапультирования космонавта, а также осуществление «выхода» из корабля в открытый космос. Модифицированным на базе КК «Восток» кораблям было присвоено название «Восход». В октябре 1964 года на таком корабле был осуществлен полет трех космонавтов.

К началу 1964 года, когда возникло конкретное предложение осуществить выход в космос из корабля «Восход-2». На предприятии А-1052 (сейчас ОАО «НПП

«Звезда» им. академика В.Г. Северина) уже был накоплен некоторый опыт по созданию спасательных скафандров и проводились экспериментальные работы по созданию перспективных изделий для длительных космических полетов.

Однако применительно к выходу из корабля в открытый космос необходимо было срочно решить ряд совершенно новых задач, связанных с защитой человека и скафандра от неблагоприятных условий открытого космического пространства. Кроме того, заказчиком ОКБ-1 (сейчас РКК «Энергия») были поставлены также такие задачи, как обеспечение выхода из спускаемого аппарата (СА) корабля без его разгерметизации, применение по возможности уже имеющегося оборудования, требующего минимальных доработок корабля, использование оборудования с минимальными массообъемными характеристиками. Правда, задача упрощалась тем, что первый выход из корабля планировался лишь на короткое время.

К началу работ еще не было найдено приемлемого технического решения по способу выхода космонавта из корабля «Восход». Кабина корабля «Восход» не была рассчитана на длительную работу в разгерметизированном состоянии, для размещения же дополнительно специальной шлюзовой камеры (ШК) на корабле не было места. В ОКБ-1 прорабатывались различные варианты складывающегося шлюза. Специалистами НПП «Звезда», которое в январе 1964 года возглавил главный конструктор Г.И. Северин, была предложена схема шлюзовой камеры с мягкой надувной оболочкой. Создание расправляющегося на орбите «мягкого» шлюза позволяло использовать для обеспечения выхода существующие конструкции корабля и обтекателя ракеты-носителя лишь с небольшой доработкой.

Окончательно предложение НПП «Звезда» было принято на совещании у С.П. Королёва в ОКБ-1 в апреле 1964 года, в котором от «Звезды» принимали участие Г.И. Северин, Н.Л. Уманский и И.П. Абрамов. 13 апреля 1964 года вышло Постановление Правительства о сроках изготовления кораблей «Восход» (ЗКВ) и «Выход» (ЗКД).

Началась усиленная проработка схем скафандра, ШК и системы шлюзования. На их основе 9 июня 1964 года были подписаны Технические задания на них и вышло соответствующее правительственное Решение (от 08.07.64 г.) о разработке шлюзовой камеры и скафандра с ранцевой системой жизнеобеспечения. Головным предприятием по этим изделиям определялось НПП «Звезда».

Шлюзовая камера «Волга» корабля «Восход-2» состояла из верхней жесткой части с люком для выхода в космос и нижнего монтажного кольца, состыкованного с фланцем корабля. Они были соединены между собой гермооболочкой и силовым каркасом, состоящим из системы продольных аэробалок в виде надувных резиновых цилиндров, на которые был надет чехол из прочной ткани. Шлюзовая камера в сложенном виде крепилась снаружи спускаемого аппарата корабля над люком для выхода в космос. В камере размещались системы, обеспечивающие развертывание оболочки на орбите за счет наддува аэробалок, система регулирования давления в ШК при шлюзовании, пульт управления, элементы страховки и фиксации космонавта при выходе, система отделения шлюза от корабля после выполнения программы и ряд других элементов. Размещение основных элементов ШК приведено на рис. 1, а общий вид «мягкого» шлюза на рис. 2.

В течение 1964–65 гг. в короткий срок было изготовлено 7 комплектов ШК, два из которых были использованы при беспилотном полете и затем пилотируемом полете корабля «Восход-2». Остальные 5 изделий использовались в процессе испытаний ШК на НПП «Звезда» и в качестве запасных.

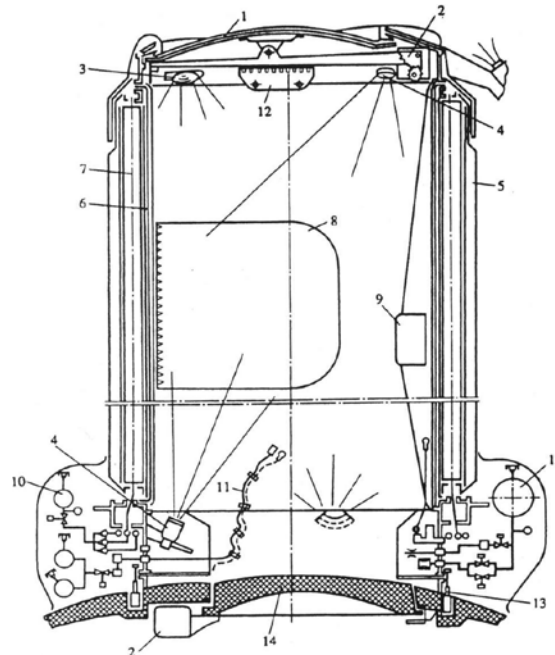


Рис. 1. Конструктивная схема шлюзовой камеры корабля «Восход-2»:

- 1 – крышка люка для выхода в открытый космос; 2 – приводы открытия люков;
 3 – светильник; 4 – кинокамеры; 5 – мягкая оболочка; 6 – гермооболочка; 7 – аэробалки;
 8 – элементы крепления оборудования внутри шлюза; 9 – пульт управления;
 10 – система наполнения газом аэробалок; 11 – страховочный фал со шлангом подачи кислорода;
 12 – система наполнения воздухом шлюзовой камеры; 13 – механизм отстрела шлюзовой
 камеры после эксперимента; 14 – люк спускаемого аппарата корабля «Восход-2»

При выборе конструкции и концепции работы скафандра на основании проведенного анализа и с учетом ограниченного объема корабля, было решено использовать скафандр (условное наименование «Беркут») как в качестве спасательного (на случай разгерметизации кабины или отказа бортовой СОЖ), так и для выхода в открытый космос. При этом требовалось обеспечить надежность изделий, безопасность космонавта и создание ему возможности эффективно выполнять в скафандре поставленные задачи.

С этой целью в скафандре КК «Восход-2» на случай повреждения основной гермооболочки впервые было предусмотрено применение резервной. Для предотвращения декомпрессионных расстройств у космонавтов также впервые было применено сравнительно высокое рабочее давление в скафандре (порядка 400 гПа). Следует отметить, что сначала техническим заданием предусматривалось применить в скафандре рабочее давление 270 гПа с возможностью перехода на давление 350–400 гПа (только при необходимости в случае появления декомпрессионных расстройств). Однако в результате проведенных на НПП «Звезда» испытаний с участием добровольцев-испытателей было решено в качестве основного применить давление 400 гПа с возможностью перехода на режим пониженного давления 270 гПа.

Учитывая поставленную задачу создать изделия для обеспечения выхода из корабля «Восход-2» в возможно кратчайшие сроки, а также весьма ограниченное

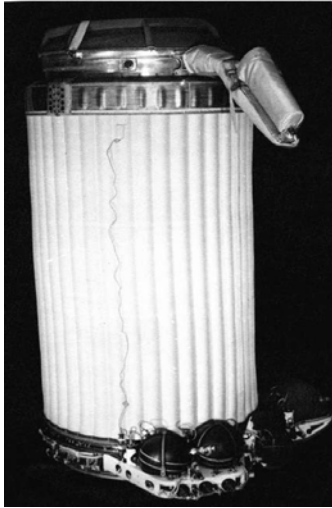


Рис. 2. Внешний вид шлюза (без теплозащитной оболочки)

время автономной работы скафандра, было решено взять за основу схему скафандра вентиляционного типа с отдельной вентиляцией шлема и оболочки. Это позволило построить схему бортовой СОЖ по аналогии со схемой кораблей «Восток» (применительно к двухместному варианту корабля), применить ряд ранее отработанных агрегатов и использовать наиболее простую и надежную автономную ранцевую систему, также работающую по открытой схеме.

Основная часть агрегатов бортовой СОЖ была размещена в спускаемом аппарате (СА) и скомпонована в двух блоках: по одному слева и справа от кресел (рис. 3).

Ранец (рис. 4) одевался космонавтом в СА корабля перед выходом и крепился к скафандру с помощью подвесной системы.

Расход кислорода от ранца был рассчитан на обеспечение наддува скафандра, кислородное питание и удаление CO_2 в течение 45 минут. Фактически продолжительность выхода А.А. Леонова в вакууме – около 23 минут.

Ранец имел 3 режима подачи кислорода: штатный, режим подачи в процессе шлюзования и аварийный. Аварийная подача включалась автоматически при падении абсолютного давления в скафандре ниже 240 гПа . Было также предусмотрено дублирование подачи кислорода в скафандр по шлангу от запаса газа, имевшегося в шлюзовой камере.

При выборе концепции системы и величины подачи кислорода были проведены эксперименты, показавшие, что даже при полном отсутствии отвода тепла через оболочку скафандра человек в течение часа не терял работоспособности (тепло накапливалось в организме, что было допустимо при заданном времени выхода).

При выборе концепции системы и величины подачи кислорода были проведены эксперименты, показавшие, что даже при полном отсутствии отвода тепла через оболочку скафандра человек в течение часа не терял работоспособности (тепло накапливалось в организме, что было допустимо при заданном времени выхода).

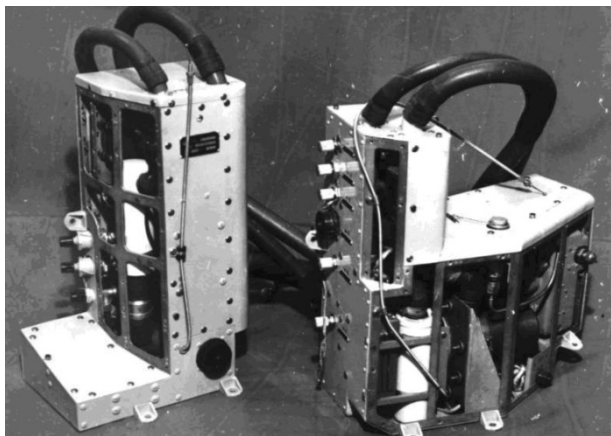


Рис. 3. Блоки с бортовыми агрегатами СОЖ скафандров «Беркут»



Рис. 4. Ранцевая система скафандра «Беркут» (крышка снята)

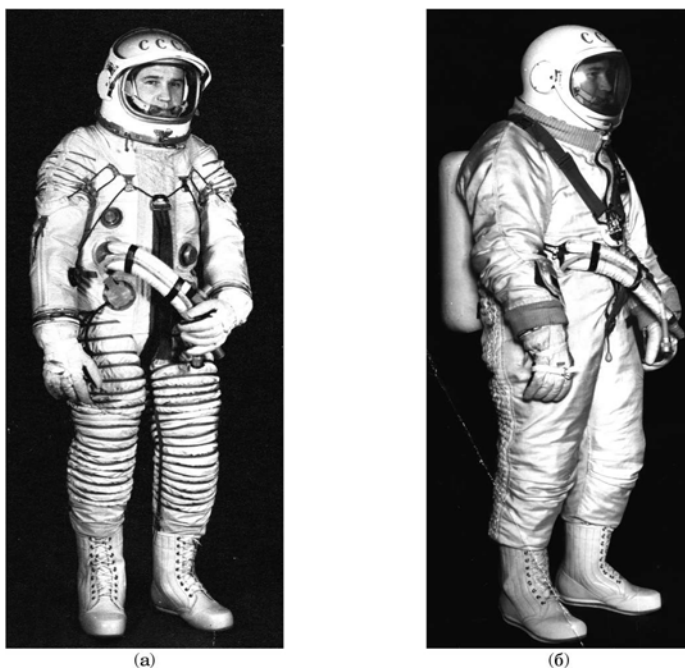


Рис. 5. Общий вид скафандра «Беркут»: (а) – без верхней теплозащитной одежды; (б) – с надетым ранцем. В скафандре испытатель НПП «Звезда» Виктор Ефимов

Скафандр «Беркут» А.А. Леонова (рис. 5) был разработан с использованием конструктивных решений, отработанных на предыдущих типах авиационного и космического снаряжения и, в частности, скафандра СК-1 Ю.А. Гагарина (оболочка корпуса с силовой системой, рукава, перчатки), экспериментального СК С-10 (оболочка ног, система внутренней вентиляции).

Оболочка скафандра «Беркут» состояла из четырех слоев: силового – из прочной капроновой ткани; двух герметичных (основного и резервного) – оба из листовой резины; капроновой подкладки с системой внутренней вентиляции. СК «Беркут» в отличие от ранее применявшихся скафандров был снабжен специальной верхней одеждой с многослойной экранно-вакуумной теплоизоляцией.

Шлем скафандра был создан на базе авиационного гермошлема ГШ-8. Это был легкоъемный неповоротный шлем, имеющий металлическую каску и открывающийся (сдвижной) иллюминатор. Внутри шлема размещался светофильтр, управляемый от специальной ручки.

Страховка космонавта в открытом космосе обеспечивалась специальным фалом длиной 7 м, в состав которого входили амортизирующее устройство, стальной трос, шланг аварийной подачи кислорода и электрические провода, по которым на борт корабля передавались данные медицинских и технических измерений, а также осуществлялась телефонная связь с командиром корабля.

Скафандр командира «Восход-2» П.И. Беляева имел такую же конструкцию, как и скафандр А.А. Леонова. П.И. Беляев при необходимости мог разгерметизировать кабину корабля, открыть люк и выйти в ШК для оказания помощи А.А. Леонову. При этом жизнеобеспечение командира должно было осуществляться за счет подачи кислорода с помощью аварийного шланга от бортовой СОЖ корабля.

Первому выходу в открытый космос предшествовал ряд впервые проведенных расчетов, исследований и экспериментальных работ, а также тренировок космонавтов. В частности, были созданы методики тепловых расчетов системы «человек–скафандр», исследовано влияние высокого вакуума и других факторов открытого космоса на материалы скафандра, разработаны методики моделирования условий космоса в наземных условиях, выполнен большой объем испытаний в барокамерах.

Была проведена большая работа по обеспечению надежности расправления шлюза, что было непросто оценить в наземных условиях. Для равномерности расправления ШК в конструкцию его оболочки были встроены специальные силовые стренги, разрывающиеся по мере наполнения аэробалок шлюза. Были предусмотрены 3 секции аэробалок, расположение которых и давление в них были выбраны так, чтобы при выходе из строя одной из секций расправление и устойчивость шлюза были бы нормальными.

Предусматривалось также ручное дублирование наиболее ответственных операций: открытие и закрытие выходного люка ШК, работа с клапанами наддува и сброса давления.

Рассматривался ряд аварийных ситуаций: разгерметизация спускаемого аппарата на любом участке полета, необходимость входа космонавта в СА при наличии избыточного давления в СК (например, при незакрытии выходного люка шлюза), оказание помощи «выходящему» космонавту со стороны остающегося в СА. Оценивалось также возможное закислораживание атмосферы шлюза кислородом, поступающим из скафандра. Все эти ситуации отрабатывались в процессе испытаний и тренировок космонавтов.

В августе 1964 года состоялась макетная комиссия, в процессе которой были проведены примерки в СА и макете шлюза в скафандре «Беркут» кандидатов на полет А.А. Леонова, П.И. Беляева, Е.В. Хрунова и В.В. Горбатко.

24–25 сентября 1964 года функциональный макет и капсула корабля «Восход-2» использовались на Байконуре для демонстрации систем Н.С. Хрущеву во

время его визита на космодром. Г.И. Северин в присутствии космонавтов продемонстрировал шлюз и скафандр «Беркут», а С.П. Королёв – корабль «Союз». Размещение ШК на спускаемом аппарате «Восход-2» показано на рис. 6.



Рис. 6. Шлюзовая камера космического корабля «Восход-2»

К концу 1964 года в НПП «Звезда» была проведена полная отработка всех систем и их испытания – наземные, термобарокамерные, бассейновые, прочностные, ресурсные.

К февралю 1965 года были проведены испытания с людьми в скафандрах «Беркут» в тепловом макете СА в ОКБ-24 и комплексные межведомственные испытания всех систем в ТБК-60 в ГК НИИ ВВС.

В работах по созданию скафандра и ШК участвовал большой коллектив специалистов НПП «Звезда» под руководством Г.И. Северина. В первую очередь следует отметить С.М. Алексеева, В.Г. Гальперина, И.П. Абрамова, О.И. Смотрикова, М.Н. Дудника, А.Ю. Стоклицкого, В.В. Ушина, И.И. Деревянко, Д.В. Кучевичского, Г.С. Парадизова, И.И. Скоморовского, И.И. Чистякова, а также В.Я. Терещенко (Орехово-Зуевское КБ).

Наибольший вклад в испытания шлюза и скафандра «Беркут» внесли Б.В. Михайлов, В.И. Сверщек, Д.И. Сендик и другие. Анализ теплового режима изделий осуществляли А.Н. Лившиц, Б.М. Блиев, Г.Т. Шарапов, прочностные расчеты – Н.П. Стрекозов и А.А. Клинов, выбор и испытания неметаллических материалов – З.Б. Ценципер, Д.С. Стоклицкая, Д.С. Абрамова, В.И. Стрельцова и другие.

Следует отметить и работу отдела авиакосмической медицины во главе с А.С. Барером. Значительный вклад они внесли в обоснование выбора рабочего давления в скафандре с точки зрения предотвращения декомпрессионных расстройств космонавтов.



П.И. Беляев во время надевания скафандра



А.А. Леонов на вестибулярной тренировке



П.И. Беляев



А.А. Леонов



А.А. Леонов на летной подготовке



П.И. Беляев на физической подготовке

Испытания при имитации условий кратковременной невесомости на самолете–летающей лаборатории ЛЛ ТУ-104 и тренировки космонавтов проводились в ЛИИ под руководством ведущего инженера Е.Т. Березкина.

ОКБ-1 осуществило модификацию конструкции корабля «Восход-2», продиктованную новыми задачами, и разработало для ШК нижнее и верхнее монтажные кольца, а также выходной люк. С.П. Королёв постоянно контролировал ход работ.

Утром 18 марта 1965 года П.И. Беляев и А.А. Леонов в лаборатории НПП «Звезда» на Байконуре были облачены в скафандры и отвезены на старт для посадки (рис. 7).

Проведение операций по выходу в космос было запланировано буквально на следующем витке после выведения корабля на орбиту 18 марта 1965 года. С.П. Королёв придавал очень большое значение этой операции и с целью оперативного решения вопросов (при необходимости) просил Г.И. Северина находиться на стартовой позиции в бункере в помещении рядом с пунктом управления запуском корабля.

Следует отметить, что в то время еще не было Центра управления полетами (в нашем сегодняшнем понимании), поэтому вся поступающая с пунктов слежения важная информация немедленно передавалась в виде докладов руководству полетом.

Выход в космос осуществлялся полностью в соответствии с подготовленной программой. На основании последующего анализа телеметрической информации и доклада экипажа можно отметить лишь следующие особенности: значительное повышение частоты сердечных сокращений у А.А. Леонова в связи с возникшими у него трудностями при обратном входе в шлюз. Некоторые журналисты, описывая эту ситуацию, говорят о сильном раздутии скафандра, что неверно. Скафандр при рабочем избыточном давлении 400 *гПа* имеет определенные размеры, одинаковые как в вакууме, так и в наземных условиях. А.А. Леонов для облегчения входа в шлюз правильно снизил давление в скафандре до 270 *гПа*, что несколько уменьшило усилия для сгибания оболочки скафандра.



Рис. 7. С.П. Королёв дает последние напутствия П.И. Беляеву перед посадкой в корабль

В целом же возникшие трудности можно объяснить тем, что методика входа в шлюз была недостаточна отработана в наземных условиях (ведь при тренировках на самолете невесомость длилась лишь несколько десятков секунд, а тренировки в скафандре в гидроработной лаборатории тогда еще не проводились). Кроме того, А.А. Леонов вошел в шлюз вперед головой, а не ногами как отработывалось на Земле, в результате чего ему пришлось уже внутри шлюза переворачиваться для входа в СА. Эти затруднения могут быть объяснены необычными условиями открытого космоса и невесомости, которых не было при наземных испытаниях.

Комбинацией необычных условий невесомости и открытого космоса, отсутствующих при наземной отработке, можно объяснить и тот факт, что А.А. Леонов не сумел дотянуться до тросика включения фотоаппарата, размещенного на скафандре (это хорошо видно на кадрах киносъемки, сделанных киноаппаратом, смонтированным на шлюзе). Этот киноаппарат А.А. Леонов снял и вернул на Землю.

Следующая нештатная ситуация: уже после осуществления выхода в открытый космос один из космонавтов при перемещении внутри СА случайно включил подачу воздуха из автономного запаса газа в скафандр, что привело к значительному росту давления в кабине. В ЦУПе была некоторая паника, пока не разобрались, в чем дело.

В целом же на корабле «Восход-2» был успешно осуществлен первый в мире выход человека в открытое космическое пространство, что было выдающимся достижением и дало толчок дальнейшим исследованиям в области создания средств для внекорабельной деятельности космонавтов. В частности, были получены ценные данные по двигательной деятельности человека в безопорном пространстве, что было учтено при подготовке экипажей для последующих полетов.

Следует отметить оперативность и энтузиазм, с которыми выполнялась всеми сотрудниками НПП «Звезда» разработка и экспериментальная отработка систем для обеспечения первого выхода человека в космос. Ведь с момента подписания технического задания на ШК и скафандр 9 июня 1964 года до даты выхода в космос А.А. Леонова 18 марта 1965 года прошло всего 9 месяцев. Это было отмечено и на торжественной встрече коллектива НПП «Звезда» с космонавтами, состоявшейся вскоре после полета (рис. 8).

В последующие годы НПП «Звезда» были разработаны скафандр «Ястреб» (рис. 9) и скафандры «Кречет» (рис. 10) для работы на поверхности Луны и «Орлан» (рис. 11) для выхода в космос на этапе перелета.

В скафандрах «Ястреб» 17 января 1969 года космонавты А.С. Елисеев и Е.В. Хрунов перешли через открытый космос из КК «Союз-5» (командир Б.В. Вольнов) в корабль «Союз-4» (командир В.А. Шаталов) и затем спустились в этом корабле на Землю. Время пребывания космонавтов в открытом космосе составило 37 минут.



Рис. 8. Фото А.А. Леонова с дарственной надписью коллективу конструкторского отдела НПП «Звезда» за разработку «Беркута» и «Волги»



а)



б)

Рис. 9. Общий вид скафандра «Ястреб» с ранцем РВР-1 (а) и РВР-1П (б)



Рис. 10. Общий вид скафандра «Кречет»



Рис. 11. Общий вид скафандра «Орлан» (для лунной программы)

Скафандры «Кречет» и «Орлан» были полностью испытаны, но не были применены в связи с закрытием лунной программы.

После успешного первого выхода А.А. Леонова 18 марта 1965 года в июне 1965 года от ОКБ-1 НПП «Звезда» получила техническое задание, а 18 августа 1965 года было выпущено правительственное Решение об отработке на кораблях «Союз» возможности перехода экипажа из одного корабля в другой через открытый космос. Эта операция требовалась по одной из схем облета Луны – пересадке на орбите искусственного спутника Земли из транспортного корабля типа «Союз» в корабль, направляющийся к Луне.

Основные отличия в требованиях к скафандру КК «Союз», которому было присвоено наименование «Ястреб» (по сравнению с требованиями к СК КК «Восход-2») – это использование скафандра только для выхода в космос с одеванием его в корабле перед выходом, а также увеличение времени работы в нем до двух часов. Впервые была применена система жизнеобеспечения регенерационного типа с поглотительным патроном и испарительным теплообменником.

Современные скафандры для внекорабельной деятельности

Несмотря на то, что скафандры для лунной программы «Кречет» и «Орлан» не были применены в реальной эксплуатации, принципиально новые идеи, заложенные в их конструкцию, были использованы при разработке скафандра орбитального базирования для долгосрочных орбитальных станций.

Прежде всего, это новая конструктивная схема оболочки скафандра: жесткий корпус, выполненный заодно со шлемом и имеющий наспинный входной люк, крышкой которого служит ранец с агрегатами СОЖ, и мягкие оболочки конечностей. Сейчас такой тип скафандра (жесткий корпус и мягкие оболочки конечностей) называют полужестким.

Полужесткий тип скафандра имеет ряд преимуществ перед скафандрами с полностью мягкими оболочками:

- стабильные размеры корпуса при отсутствии и наличии избыточного давления;
- возможность встроить СОЖ в жесткий корпус;
- простота размещения органов управления и контроля на кирасе;
- возможность использования скафандра космонавтами достаточно большого антропометрического диапазона за счет переподгонки размеров мягких оболочек рукавов, нижней части корпуса и ног;
- более простое самостоятельное надевание и снятие скафандра.

Скафандры орбитального базирования получили наименование «Орлан».

В настоящее время на борту Международной космической станции (МКС) находятся три скафандра «Орлан-МК». Это уже пятая модификация скафандров семейства «Орлан» для орбитальных станций. Скафандр «Орлан-МК» обеспечивает ВКД продолжительностью 7 часов и общую продолжительность пребывания в скафандре до 10 часов. 27 декабря 2013 года космонавты О.В. Котов и С.Н. Рязанский выполнили ВКД продолжительностью 8 часов 7 минут (от открытия до закрытия выходного люка шлюза).

Скафандры «Орлан-МК» (рис. 12) эксплуатируются на МКС с 2008 года и подтвердили свою высокую надежность – в каждом из них проведено по 13–14 выходов. Всего в скафандрах семейства «Орлан» на декабрь 2014 года на различных орбитальных станциях выполнено 142 парных выходов в космос.



Рис. 12. Скафандр «Орлан-МК»

В скафандре «Орлан-МК» дублированы все основные системы СОЖ и оболочек:

- кислородные баллоны;
- вентиляторы;
- насосы;
- регуляторы давления в скафандре;
- гермооболочки рук и ног;
- герметизация люка для входа в скафандр;
- остекление шлема;
- кираса дополнительно оклеена изнутри прорезиненной тканью;
- радиопередатчики продублированы.

Одним из основных отличий скафандра «Орлан-МК» от предыдущих модификаций является наличие встроенной микроЭВМ.

С помощью микроЭВМ изделия «Орлан-МК» обеспечиваются:

- возможность самостоятельного контроля испытателем (оператором) основных параметров системы СК + БСС (бортовая система скафандра) на дисплее пульта ПО-5, характеризующих ее работоспособность;
- контроль всех процедур, связанных с выходом в космос (проверки перед входом в СК, шлюзование, ВКД, обратное шлюзование);
- контроль резервного времени СК по запасам кислорода, воды для работы теплообменника, поглотителя CO_2 и аккумуляторной батареи;
- обнаружение и отображение на дисплее возникающих отклонений в работе скафандра и бортовой системы скафандра БСС с одновременной выдачей звуковых сигналов (в т.ч. отклонение параметров от нормальных величин на любом этапе, включение резервных агрегатов, прохождение аварийных сообщений и выдача рекомендаций по их парированию).

С помощью микроЭВМ космонавт во время выхода может контролировать следующие 11 параметров СОЖ:

- давление кислорода в основном баллоне;
- напряжение питания;
- потребляемый ток;
- давление кислорода в резервном баллоне;
- избыточное давление в СК;
- давление в шлюзовом отсеке;
- расход вентиляции в СК;
- парциальное давление CO_2 ;
- температура воды на входе в костюм водяного охлаждения;
- температура газа на выходе из теплообменника-сублиматора;
- температура воды на выходе из теплообменника-сублиматора.

В 2015 году планируется доставить на МКС модернизированные скафандры «Орлан-МКС». Наряду с усовершенствованиями, связанными с применением новых материалов и новой элементной базы, впервые в мире на скафандре будет применена не имеющая аналогов автоматизированная система терморегули-

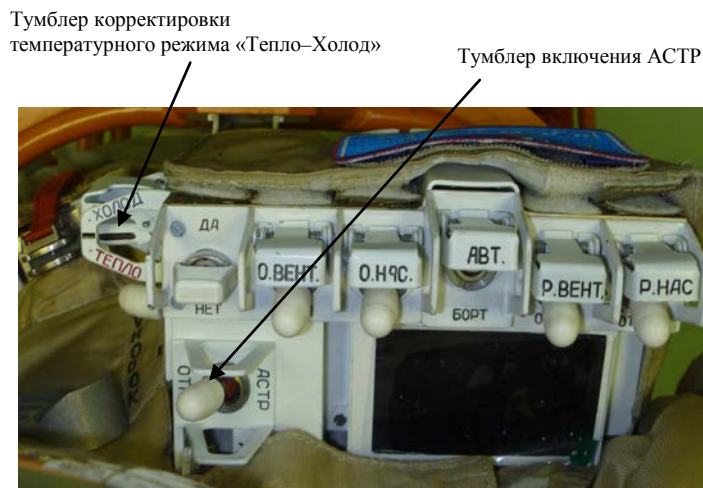


Рис. 13. Внешний вид электропульты ПО-5М скафандра «Орлан-МКС»

рования (АСТР). На электропульте скафандра ПО-5М дополнительно введены органы управления АСТР, а также цветной дисплей с повышенной четкостью отображения информации. Внешний вид пульта ПО-5М показан на рис. 13.

АСТР предназначена для обеспечения (в автоматическом режиме) теплового состояния космонавта, близкого к комфортному, что позволит космонавту выполнять задачи ВКД, не отвлекаясь на ручное регулирование теплового режима.

Принцип регулирования основан на изменении температуры в костюме водяного охлаждения в зависимости от энергозатрат космонавта.

Для расчета энергозатрат используются штатные параметры ΔCO_2 и расход вентиляции, получаемые от измерительного комплекса ИК-00702МКС скафандра.

Температурные режимы регулирования могут индивидуально корректироваться в зависимости от физиологических особенностей космонавта.

При нежелании пользоваться АСТР или в случае отказа на любом этапе ВКД космонавт может перейти на ручное регулирование.

На НПП «Звезда» постоянно работают над улучшением технических и эксплуатационных характеристик скафандров семейства «Орлан». В настоящее время выполняется опытно-конструкторская работа (ОКР), целью которой является разработка видеоинформационного модуля (ВИМС) внутришлемной системы отображения информации (СОИ) для скафандра «Орлан-МКС». Такая система должна обеспечить внутришлемную визуализацию большого объема алфавитно-цифровой, графической и видеоинформации и возможность управления режимами отображения во время ВКД.

Совместно с РКК «Энергия» ведется ОКР по разработке отечественной на-шлемной видеокамеры.

Что касается планетарных скафандров, то, в связи с отсутствием федеральных программ по освоению Луны или Марса, каких-либо масштабных работ в настоящее время нет. Тем не менее, НПП «Звезда» проводит некоторые исследования в этом направлении. На рис. 14 показаны испытания макета скафандра с одним из вариантов экспериментальных оболочек ног с повышенной подвижностью.

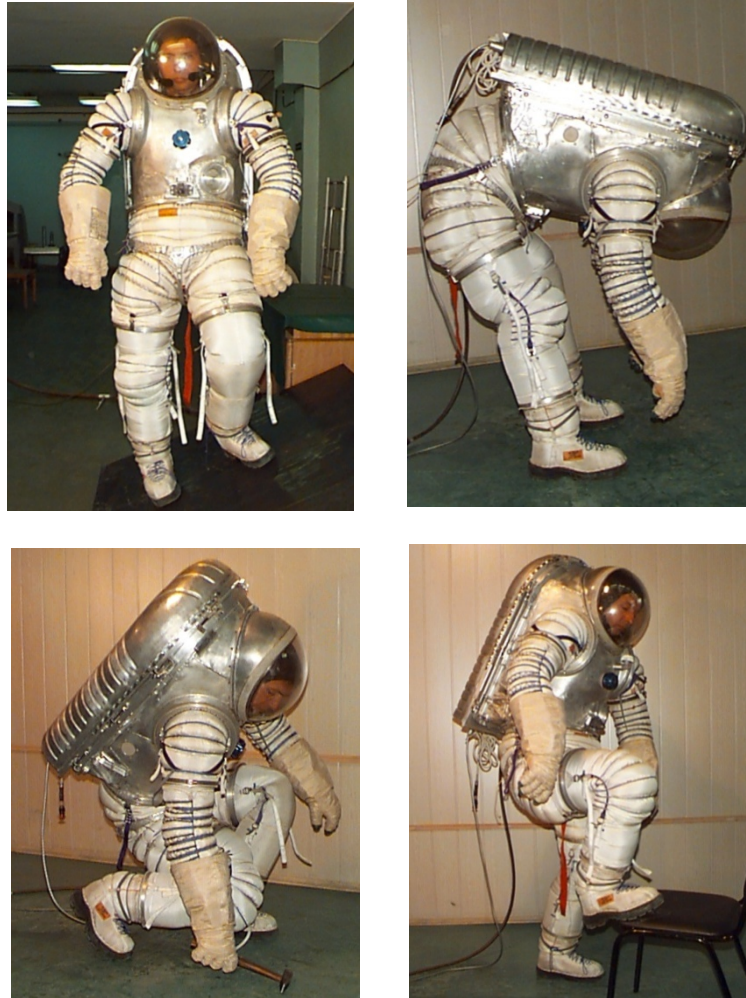


Рис. 14. Экспериментальный скафандр с оболочками ног с повышенной подвижностью

Можно сказать, что в случае принятия федеральной программы, учитывая имеющийся большой опыт НПП «Звезда» по разработке и эксплуатации скафандров для внекорабельной деятельности, скафандр для Луны может быть разработан в достаточно сжатые сроки.

Для разработки марсианского скафандра потребуется существенно больше времени в связи со значительными отличиями в СОЖ и весовых характеристиках от скафандра для Луны, связанных с наличием разреженной атмосферы и большей силой тяжести.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Космические скафандры России / Абрамов И.П., Дудник М.Н., Сверщек В.И., Северин Г.И., Скуг А.И., Стоклицкий А.Ю. – ОАО «НПП «Звезда», 2005.

УДК 629.78.072.8

ПРОЙДЕННЫЙ ПУТЬ И БУДУЩЕЕ КОСМИЧЕСКОГО ТРЕНАЖЕРОСТРОЕНИЯ

В.Е. Шукшунов

Докт. техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ В.Е. Шукшунов
(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала»)

В статье рассматриваются этапы создания специалистами «Центра тренажеростроения и подготовки персонала» (ЦТиПП) и Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина различных поколений тренажерных комплексов для подготовки космонавтов, позволивших реализовать национальные и международные программы пилотируемой космонавтики. Показана необходимость модернизации технических средств подготовки космонавтов (ТСПК), а также предложен проект развития ТСПК на основе единого интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения (УТМК).

Ключевые слова: технические средства подготовки космонавтов, тренажерно-моделирующий комплекс, единый интегрированный учебно-тренажерно-моделирующий комплекс, учебно-методические средства подготовки космонавтов.

The Distance Travelled and the Future of Space Simulator Industry. V.E. Shukshunov

The paper discusses the stages of creating the cosmonaut training facilities (CTFs) of various generations by the specialists of Space Simulator Center in cooperation with Gagarin R&T CTC to ensure implementation of national and international programs of manned space exploration. The paper points to the necessity of upgrading technical facilities for cosmonaut training and proposes the development project of the CTFs based on an integrated educational-simulation-modeling complex (ESMC) of a new generation.

Keywords: technical facilities for cosmonaut training, simulation-modeling complex, integrated educational-simulation-modeling complex, educational-methodological means for cosmonaut training.

Вот уже 55 лет успешно действует единственный в нашей стране Центр подготовки космонавтов (ЦПК) имени Ю.А. Гагарина, который является гордостью России, выражением одного из выдающихся достижений страны, обеспечивающий подготовку космонавтов самого высокого уровня.

Неизменно высокое качество подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина определяется рядом факторов, основными из которых являются: высококвалифицированный персонал, осуществляющий всестороннюю подготовку космонавтов; разработанные в Центре методики, программы и образовательные технологии для подготовки космонавтов, которые не имеют аналогов в мире; учебно-методическое обеспечение и, безусловно, технические средства подготовки космонавтов (ТСПК).

В ЦПК имени Ю.А. Гагарина свято сохраняются традиции: разработчики программ, учебно-методических материалов, методик обучения, технических средств подготовки космонавтов не имеют права на ошибки, которые могут привести к привитию космонавтам ложных навыков.

Хорошей традицией ЦПК имени Ю.А. Гагарина также является следующее: иметь в Центре, несмотря ни на какие обстоятельства, технические средства подготовки космонавтов самого высокого уровня, которые базируются при создании

на самых современных технологиях, на самой передовой технике, на самых новейших достижениях фундаментальной науки.

Именно этим объясняется тот факт, что в 70-е годы XX века в ЦПК имени Ю.А. Гагарина родилась смелая, революционная идея, были проведены научно-исследовательские работы, направленные на обоснование создания тренажерно-моделирующего комплекса (ТМК) для подготовки космонавтов. Суть идеи заключалась в создании единого тренажерного комплекса вместо комплекса автономных тренажеров, обеспечив тем самым существенное сокращение затрат путем доступа и коллективного использования ряда дорогостоящих, уникальных программно-технических модулей.

Тогда ЦПК имени Ю.А. Гагарина (ныне ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») и ОКТБ «Орбита» (ныне ЦТиПП) объединили свои интеллектуальные, научные, кадровые и организационные потенциалы и успешно решили проблему разработки и создания тренажерных комплексов и систем, комплексных и специализированных тренажеров, функционирующих в составе единого комплекса.

Деятельность коллектива ЦТиПП вот уже 40 лет неразрывно связана с ЦПК имени Ю.А. Гагарина в сфере разработки, создания, модернизации и сопровождения широкого спектра тренажеров для подготовки космонавтов, а в последнее время – с созданием молодежных образовательных космоцентров.

Как принято сейчас говорить, Центр тренажеростроения и подготовки персонала остро заточен на космическое тренажеростроение, на создание других технических и программных средств подготовки космонавтов.

Основной вклад нашего коллектива в создание тренажерной базы ЦПК имени Ю.А. Гагарина заключается в создании четырех поколений тренажерных комплексов, позволивших реализовать три национальные и международные программы пилотируемой космонавтики. Это:

- тренажерный комплекс «Белладонна», который обеспечил подготовку космонавтов по программе ДОС «Салют» (1979–1986 гг.) и отработку основных принципов разработки и создания последующих более масштабных тренажерных комплексов;

- тренажерный комплекс «Ермак», включающий в свой состав 11 комплексных и специализированных тренажеров станции «Мир» (1986–2001 гг.);

- тренажерный комплекс «Ермак-35», который предназначался для подготовки экипажей космонавтов по программе «Буран»;

- тренажерный комплекс, в состав которого на сегодняшний день входят 12 комплексных и специализированных тренажеров, на базе которых ведется подготовка экипажей космонавтов и астронавтов по программе «Международная космическая станция» (с 1999 года по настоящее время).

В состав этих комплексов вошли более 30 комплексных и специализированных тренажеров, созданных нашим коллективом (рис. 1).

За 40 лет работы совместно с ЦПК имени Ю.А. Гагарина Центр тренажеростроения и подготовки персонала постоянно расширял сферу своей деятельности в области космического тренажеростроения и других направлений пилотируемой космонавтики.

Нельзя не отметить, что ЦПК имени Ю.А. Гагарина в отношении технических, учебно-методических средств подготовки космонавтов никогда не отставал от требований времени, никогда не отставал по их уровню и качеству от зарубежных аналогичных аппаратно-программных средств подготовки космонавтов.

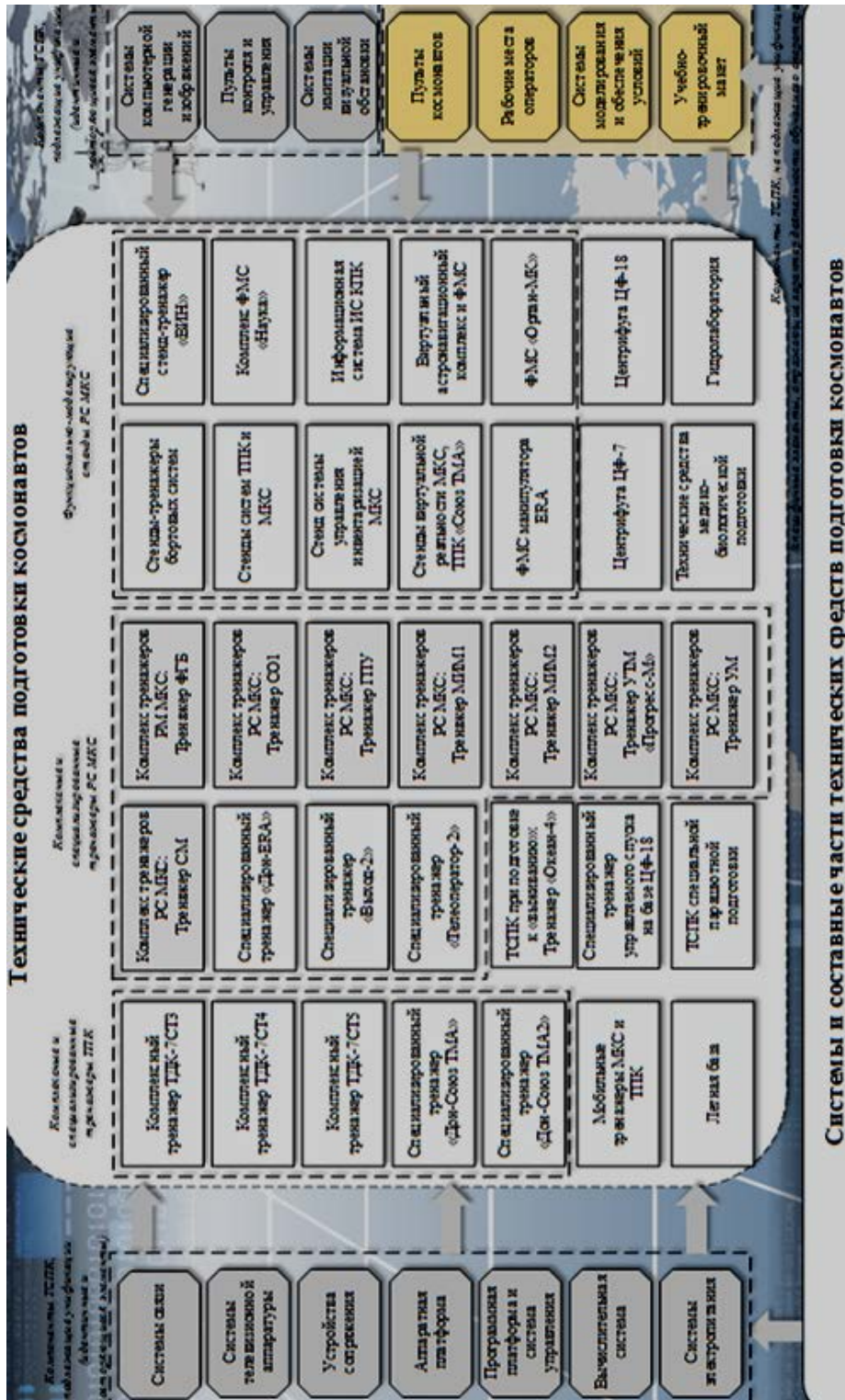


Рис. 1. Учебная и тренажерная база НИИ ЦПК

Именно поэтому в настоящее время остро стоит задача серьезной модернизации технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина на основе создания интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения (УТМК).

Один из крупнейших системотехников американский ученый Стеффорд Бир так определил формулу лидерства в инновационной деятельности: «Все, что работает, уже устарело». Эта формула в полной мере применима к такому наукоемкому и динамично развивающемуся направлению пилотируемой космонавтики, как создание технических средств подготовки космонавтов.

Чем обусловлена необходимость модернизации ТСПК путем создания УТМК нового поколения?

Первое. Начиная с 90-х годов XX века, мы наблюдаем процесс «размывания» единой концепции создания в ЦПК имени Ю.А. Гагарина тренажеров и тренажерных комплексов, разработанной и реализованной в 70-80-е годы XX века. В силу этого в разрабатываемых тренажерах появилось неоправданное многообразие операционных систем, тренажных оболочек, различных пользовательских и программных интерфейсов, устройств сопряжения с объектом, пультов контроля и управления тренировками, вычислительной техники. Это удорожает создание и модернизацию тренажеров, требует увеличения обслуживающего персонала, существенно расширяет спектр требуемого ЗИПа, порождает ряд проблем, в том числе проблему разобщенности тренажеров в информационном отношении, утрачивается системность в создании и развитии технических средств подготовки космонавтов.

Второе. При создании, дальнейшем развитии и модернизации ТСПК нельзя не принимать во внимание появление в последнее время новых информационных технологий, технических и программных средств, позволяющих не только совершенствовать отдельные системы и блоки тренажеров, но и интегрировать их как между собой, так и с другими программно-техническими средствами, используемыми, например, при общекосмической подготовке.

Третье. В связи со значительным ростом числа полетных операций, увеличением числа комплексных полетных операций, требующих подготовки космонавтов к совместному выполнению полетных операций, например, проведению научных экспериментов, внекорабельной деятельности космонавтов, требуется создание такой структуры тренажерных комплексов, которая позволяла бы обеспечивать взаимодействие экипажей космонавтов, выполняющих тренировки на различных тренажерах.

Четвертое. В настоящее время становится очевидным, что обучение и профессиональная практическая подготовка специалистов как в университетах, так и в центрах подготовки специалистов, например, в ЦПК имени Ю.А. Гагарина, тесно взаимосвязаны между собой, они протекают последовательно-параллельно, используют в большинстве своем одну и ту же информацию, одни и те же технические и программные средства, то есть информация, программные и технические средства для подготовки космонавтов как бы имеют двойное назначение – для общекосмической и профессиональной подготовки.

Все это диктует необходимость интеграции программно-технических средств, используемых, с одной стороны, для образовательного процесса и, с другой стороны, для подготовки экипажей космонавтов на тренажерах, тренажерных комплексах, ФМС, в единый интегрированный учебно-тренажерно-моделирующий комплекс.

Пятое. Новые космические программы, связанные с освоением Луны, Марса, полетом на астероиды, требуют создания таких интегрированных учебно-тренажерно-моделирующих комплексов, которые позволяли бы в режиме опережения осуществлять на их базе отработку принципов, технологий, методик подготовки экипажей космонавтов к коллективной (совместной) деятельности на поверхности Луны, Марса или астероида.

Шестое. Заявлено, что строящийся в нашей стране космодром «Восточный» будет иметь собственную учебную и тренажерную базы, собственные средства общекосмической подготовки. В силу этого, проводя модернизацию технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина путем создания интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса на основе новых принципов, новых технологий, новых достижений фундаментальной науки, новых структурных решений, требуется иметь в виду применение результатов разработки УТМК и для создания на космодроме «Восточный» учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения.

Седьмое. В недалекой перспективе отечественная пилотируемая космонавтика пополнится новым перспективным транспортным кораблем (ПТК). Это потребует разработки и создания в составе УТМК принципиально нового тренажерного комплекса, обеспечивающего подготовку экипажей к решению новых, сложных задач по управлению режимами ПТК как для околоземной, так и для лунной программы.

Хотелось бы подчеркнуть, что у Центра тренажеростроения и подготовки персонала и у ЦПК имени Ю.А. Гагарина имеется положительный опыт разработки и создания не только тренажеров, но и тренажерно-моделирующего комплекса. Многие сотрудники ЦПК имени Ю.А. Гагарина помнят, что 34 года назад СМ СССР принял Постановление от 25.01.1980 г. «О создании в ЦПК имени Ю.А. Гагарина тренажерно-моделирующего комплекса (ТМК)». Этим постановлением поручалось создать в ЦПК имени Ю.А. Гагарина тренажерно-моделирующий комплекс, аналогов которого не было ни в нашей стране, ни за рубежом. Усилиями специалистов ЦПК имени Ю.А. Гагарина, ОКТБ «Орбита» – головной организации по созданию ТМК, и их кооперации эта задача была успешно решена. В 1983 году была введена в эксплуатацию первая очередь ТМК.

С 1986 по 2001 гг. на базе этого комплекса было подготовлено 62 экипажа космонавтов, 31 экипаж совершил полет в космос.

Решая задачу модернизации ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина путем создания единого интегрированного УТМК, мы исходим из того, что ничего из ранее созданного в сфере ТСПК, особенно тренажеров, и обеспечивающего успешную подготовку космонавтов не подлежит замене.

В связи с этим методология модернизации ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина заключается в следующем:

1. Обоснование того, что в процессе модернизации ТСПК должны быть сохранены, как доказавшие свое преимущество, свою эффективность и обеспечивающие качество подготовки экипажей космонавтов.
2. Обоснование того, от чего мы должны отказаться в процессе модернизации ТСПК как физически и морально устаревшего.
3. Обоснование необходимости привнесения в ТСПК, в архитектуру их построения того инновационного, что обеспечит создание УТМК нового поколения.

Модернизация ТСПК должна носить системный характер и проводиться по двум направлениям: модернизация как способ повышения качества подготовки

космонавтов и модернизация как способ повышения эффективности использования ТСПК.

Модернизация технических и программных средств в тренажерах, ФМС, стендах как способ повышения качества подготовки космонавтов включает:

- модернизацию технических средств, входящих в состав тренажеров и средств обучения космонавтов;
- модернизацию общего программного обеспечения как составной части тренажеров;
- модернизацию специального программного обеспечения как составной части тренажеров и средств обучения космонавтов.

Модернизация системная как способ повышения эффективности использования ТСПК в рамках единого интегрированного УТМК предполагает:

- виртуализацию вычислительных и других технических средств, входящих в состав тренажеров и средств обучения космонавтов;
- обеспечение доступа к техническим и программным средствам коллективного использования в тренажерах в процессе проведения тренировок и в средствах обучения космонавтов;
- обеспечение взаимодействия в процессе проведения тренировок экипажей космонавтов при отработке комплексных полетных операций, доступ к единому банку данных и банку знаний, совмещение элементов общекосмической подготовки и подготовки космонавтов на тренажерах.

Концептуальной основой модернизации и развития ТСПК путем создания УТМК является создание распределенной информационно-моделирующей среды, использующей набор универсальных унифицированных интерфейсов и принципов модульности единого интегрированного УТМК (рис. 2).



Рис. 2. Концептуальная модель ТСПК

УТМК – это совокупность логически связанных методических, учебных, технических, программно-математических, информационных и организационных средств подготовки космонавтов, интегрированных в единое целое посредством современных унифицированных аппаратных и программных технологий для решения всего спектра актуальных задач на существующих и перспективных ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина.

В состав УТМК нового поколения функционально должно включаться несколько взаимосвязанных комплексов, каждый из которых обеспечивает решение определенных задач (рис. 3). Создавая УТМК, мы как бы строим мост между существующими средствами и создаваемыми новыми средствами подготовки космонавтов (новые тренажеры, новые ФМС).

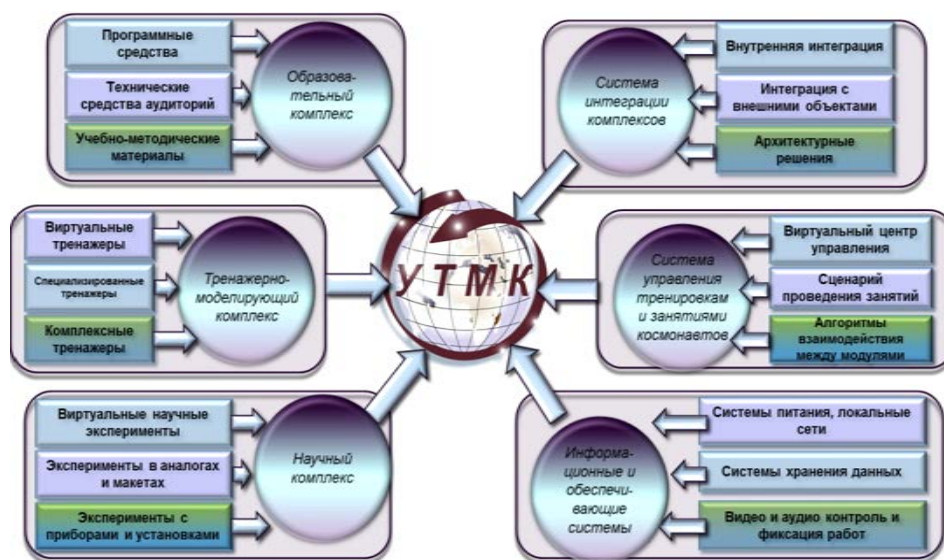


Рис. 3. Состав функциональных комплексов единого УТМК

Важным вопросом при этом является решение проблемы включения в идеологию создания УТМК существующих тренажеров, при этом тренировки на них не должны останавливаться.

В состав интегрированного УТМК войдут как действующие тренажеры, ФМС и стенды, так и вновь создаваемые тренажеры, при этом все они будут иметь типовую структуру, включающую:

- специализированное и штатное оборудование УСО, СПФК, ТСН, СПК;
- вычислительные и графические мощности интегрированной информационной среды;
- набор физических макетов, имитирующих реальную компоновку объектов;
- набор максимально унифицированных и взаимозаменяемых рабочих мест обучающихся космонавтов, инструкторов и вспомогательного персонала.

В настоящее время развитие информационных технологий, а также программной и аппаратной базы вычислительных систем вносит изменение в концепцию выполнения вычислений, которые становятся распределенными и удаленными от конечного пользователя, в данном случае от обучаемых космонавтов и инструкторов, преподавателей.

Современные инновационные технологии, используемые при разработке и создании единого интегрированного УТМК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина, включают в себя:

- виртуализацию вычислительных средств;
- технологии «облачных» вычислений;

- вхождение существующих ТСПК в единую информационно-моделирующую среду с помощью «шлюзов»;
- единую информационно-моделирующую среду;
- осуществление взаимодействия космонавтов и инструкторов с единой информационно-моделирующей средой с помощью «тонких» клиентов.

При решении проблем модернизации учебной и тренажерной базы путем создания УТМК нового поколения целесообразно использование единой вычислительной инфраструктуры как базового элемента интеграции множества тренажеров, ФМС, стендов, систем обучения (рис. 4).



Рис. 4. Единая вычислительно-моделирующая система

Современные серверы и процессоры на аппаратном уровне поддерживают технологии виртуализации, в том числе и высокопроизводительной 3D-графики, что позволяет одновременно запустить на одном физическом сервере несколько операционных систем со своим программным обеспечением моделирования, баз данных, расчетов систем виртуальной реальности.

Симбиоз вычислительных и графических серверов, связанных высокоскоростными каналами связи в рамках локальной вычислительной сети, предоставляет широкие возможности для моделирования, обучения персонала и развертывания тренажеров и ФМС различной сложности в рамках единой программно-аппаратной инфраструктуры.

В качестве конечных устройств пользователей в такой архитектуре выступают «тонкие» клиенты.

«Тонкий» клиент – это устройство, не имеющее собственных вычислительных мощностей с возможностью отображения и ввода информации, подключенное к общему для всех пользователей центру обработки данных (серверу) с использованием фирменных протоколов обмена данными (рис. 5). В рамках УТМК «тонкий» клиент предназначен для вывода любого типа информации и взаимодействия обучаемого космонавта, например, с тренажером, ФМС, стендом, обучающей системой, а также для управления тренировками инструктором.

Как же достигается трансформация учебно-тренажерной базы в единой интегрированной УТМК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина?

При модернизации существующей учебной и тренажерной базы ТСПК множество не связанных между собой различных ТСПК объединяются посредством

единой системы (единой ЛВС, единых баз данных, единых средств моделирования) с использованием специализированных программных шлюзов, а множество пользователей – с помощью проводных и беспроводных ЛВС получают доступ посредством набора сервисов и интерфейсов для работы с выбранными программами и техническими средствами, входящими в состав учебной и тренажерной базы.

На рис. 6 показана трансформация учебной и тренажерной базы в единый интегрированный УТМК нового поколения.



Рис. 5. Унифицированное рабочее место на базе «тонкого» клиента

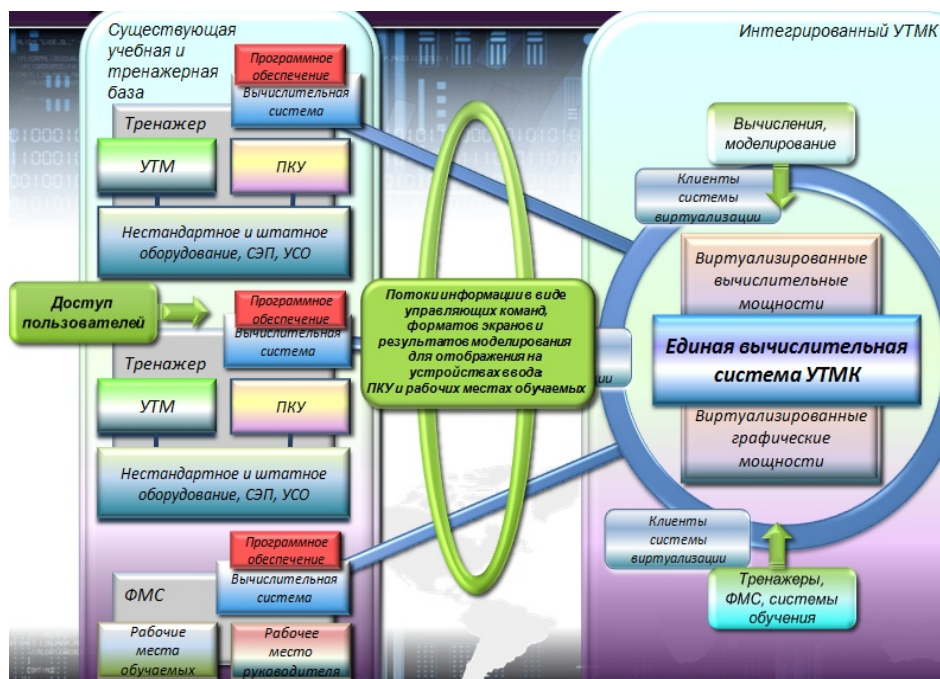


Рис. 6. Трансформация учебной и тренажерной базы в единый УТМК

Использование распределенной сетевой среды моделирования и программных шлюзов позволит интегрировать работу персонала, связать с новыми задачами, возможностями других комплексов, получить качественно новые режимы проведения занятий (рис. 7).

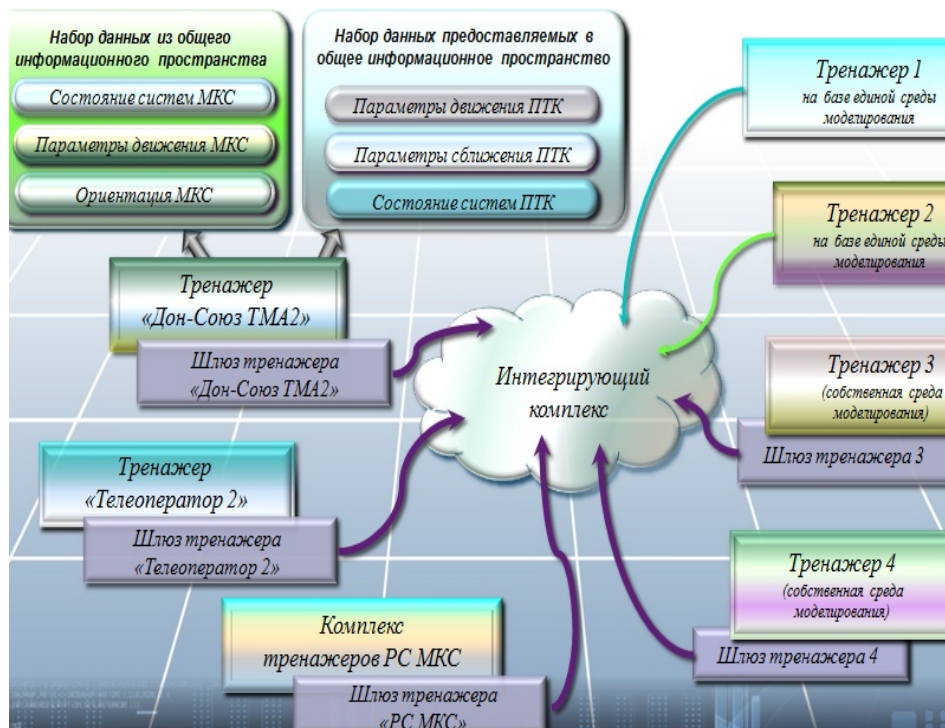


Рис. 7. Информационное взаимодействие тренажеров с использованием шлюзов распределенной сетевой среды моделирования

Таким образом, нами обоснована и поэтому предлагается концепция трансформации учебных и тренажерных средств подготовки космонавтов в единый УТМК посредством использования распределенной сетевой среды моделирования с внедрением ее отдельных компонентов в структуру вычислительной системы тренажера в качестве шлюза, объединяющего программные компоненты и информационные потоки составных частей, различных по своему составу и структуре систем, в единое информационное пространство (рис. 8). Подчеркнем, что для повышения эффективности использования УТМК целесообразно создание в ЦПК имени Ю.А. Гагарина корпоративной автоматизированной системы управления и информатизации.

Такая автоматизированная система способствует решению задач организационного, финансового, материально-технического и других видов обеспечения, управления процессом профессиональной подготовки специалистов, процесса подготовки, а также фиксации результатов контроля уровня подготовки космонавтов (рис. 9).



Рис. 8. Использование шлюзов, проектирование унифицированных интерфейсов обмена информацией



Рис. 9. Взаимодействие АСУ процессом подготовки космонавтов и интегрированного УТМК

Выводы

1. Реализация предложенного проекта модернизации и развития ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина на основе создания единого интегрированного УТМК обеспечит создание такого комплекса, который будет способен к своему развитию без изменения принципиальных основ, радикального перепроектирования, включая в себя новые тренажеры, ФМС, учебно-методические средства с минимальными затратами ресурсов.

2. УТМК обеспечивает переход к глубокой унификации средств и ресурсов в рамках УТМК, что сокращает количество обслуживающего персонала.

3. Обеспечивается сокращение затрат времени на создание новых тренажеров, ФМС, стендов и других систем в составе УТМК.

4. Обеспечивается возможность использования в рамках УТМК центров обработки данных, повышения плотности пользователей ресурсов, экономии электроэнергии, оптимального использования вычислительных и графических ресурсов и высокой надежности аппаратуры, что обеспечит снижение расходов при разработке и эксплуатации УТМК.

5. Достигается возможность перемещения программного обеспечения всех систем виртуальной реальности и моделирования в виртуализированные структуры вычислительных и графических серверов без потерь в производительности с последующим доступом с любого устройства – «тонкого» клиента, ноутбука или смартфона, независимо от операционной системы.

6. Проведенные экспериментальные исследования по проверке основных принципиальных решений модернизации ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина на базе единого интегрированного УТМК на специально созданном стенде в ЦТиПП показали сокращение количества высокопроизводительных графических станций (применяемых в структуре тренажеров, в том числе и при создании виртуальных тренажеров, стенда виртуальной реальности МКС) и сокращение высокопроизводительных станций моделирования, управления и контроля тренировками с помощью ПКУ до 10 раз (с 40 ПК до 4 вычислительных и графических серверов – в среднем по 10 виртуальных машин на один физический сервер с обеспечением резерва ресурсов), размещенных в едином серверном комплексе УТМК. Показано сокращение количества дорогостоящих стоек, используемых в каждом тренажере для размещения ПК, до минимума занимаемых площадей в едином центре обработки данных УТМК.

УДК 629.78.047/048

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ДЛЯ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ: АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЩЕЙ МАССЫ

В.Ю. Прошкин, Э.А. Курмазенко

Канд. техн. наук В.Ю. Прошкин; докт. техн. наук, профессор Э.А. Курмазенко (ОАО «НИИХиммаш»)

Общие затраты массы для функционирования электрохимической системы (ЭХС) регенерации среды обитания для экипажа космической станции включают три составляющих: масса самой ЭХС, масса системы энергопитания для ЭХС и масса системы терморегулирования для ЭХС. Предложена методика анализа и оптимизации общих затрат массы, которая сводится к определению оптимальной плотности тока при проведении процесса в ЭХС. Как пример анализа ЭХС рассмотрена российская система генерации кислорода «Электрон-ВМ» на основе электролиза воды, которая работает на борту Международной космической станции.

Ключевые слова: электрохимическая система регенерации среды обитания, электролиз воды, космическая станция, вольт-амперная характеристика, оптимизация, удельная масса, система генерации кислорода «Электрон-ВМ».

Electrochemical System for Environment Regeneration to Support the Space Station's Crews: Analysis and Optimization of the Total Mass.

V.Yu. Proshkin, E.A. Kurmazenko

The total mass requirements for the functioning of the electrochemical system (ECS) for environment revitalization aboard the manned space station include three components such as mass of the ECS, mass of the power system for the ECS, and mass of the thermal control system for the ECS. Given paper proposes the technique of analyzing and optimizing the total mass requirements which consists in defining optimal current density during the process in the ECS. Russian oxygen regeneration system "Electron-VM" based on water electrolysis which is currently operated aboard the International Space Station is taken as an example of ECS analysis.

Keywords: electrochemical system for environment regeneration, electrolysis of water, space station, current-voltage characteristic, optimization, specific weight, oxygen regeneration system "Electron-VM".

В системах жизнеобеспечения экипажа обитаемых космических станций (ОКС) для регенерации среды обитания исследовались и предлагались к использованию различные электрохимические процессы и электрохимические системы (ЭХС) на основе данных процессов (рис. 1). В настоящее время на борту Международной космической станции (МКС) эксплуатируются две ЭХС, предназначенные для получения кислорода путем электролиза воды [1]: российская система «Электрон-ВМ» со щелочным электролитом и разработанная в США система с твердым полимерным электролитом (ионообменной мембраной). Главное направление в разработке ЭХС для жизнеобеспечения экипажа – развитие существующих и создание новых систем электролиза с целью получения кислорода на борту ОКС [2].

Кроме того, ЭХС разрабатываются и используются для регенерации среды обитания экипажа на атомных подводных лодках и в энергетических установках космических аппаратов как источники энергии (топливные элементы) и в перспективе как аккумуляторы энергии (связка топливный элемент–электролизер).



Рис. 1. Область применения электрохимических систем на космических станциях

Общие затраты массы при функционировании электрохимической системы

Общие затраты массы M_{Σ} (кг) при функционировании ЭХС регенерации среды обитания для жизнеобеспечения экипажа ОКС включают 3 составляющие:

$$M_{\Sigma} = M_{\text{ЭХС}} + M_{\text{СЭП}} + M_{\text{СТР}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{ЭХС}}$ (кг) – масса самой ЭХС; $M_{\text{СЭП}}$ (кг) – масса внешней системы энергопитания (СЭП) для обеспечения работы ЭХС; $M_{\text{СТР}}$ (кг) – масса внешней системы терморегулирования (СТР) для отвода тепла, выделяющегося при работе ЭХС.

Рассмотрим каждую из трех составляющих выражения (1).

1. Масса ЭХС имеет два слагаемых:

$$M_{\text{ЭХС}} = M_{\text{ЭХА}} + M_{\text{ОБ}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{ЭХА}}$ (кг) – масса электрохимического аппарата (ЭХА) в составе ЭХС (в ЭХА непосредственно идет электрохимический процесс); $M_{\text{ОБ}}$ (кг) – масса оборудования в составе ЭХС, обеспечивающего работу ЭХА (трубопроводы, насосы, разделители фаз, фильтры, теплообменники, регулирующая аппаратура и т.д.).

$M_{\text{ЭХА}}$ зависит от площади одной электрохимической ячейки $S_{\text{я}}$ (м²), числа ячеек $N_{\text{я}}$ в ЭХА и параметров процесса Π в ЭХА, т.е., $M_{\text{ЭХА}} = M_{\text{ЭХА}}(S_{\text{я}}, N_{\text{я}}, \Pi)$. $M_{\text{ОБ}}$ определяется конструкцией ЭХС. Тогда выражение (2) можно записать как:

$$M_{\text{ЭХС}} = M_{\text{ЭХА}}(S_{\text{я}}, N_{\text{я}}, \Pi) + M_{\text{ОБ}}. \quad (3)$$

2. Масса внешней СЭП для ЭХС зависит от мощности $E_{\text{ЭХС}}$ (Вт), потребляемой ЭХС:

$$M_{\text{СЭП}} = M_{\text{СЭП}}(E_{\text{ЭХС}}). \quad (4)$$

$E_{\text{ЭХС}}$ складывается из мощности $E_{\text{ЭХА}}$ (Bm), потребляемой ЭХА на проведение электрохимического процесса, и мощности $E_{\text{Об}}$ (Bm), потребляемой оборудованием ЭХС, обеспечивающим работу ЭХА:

$$E_{\text{ЭХС}} = E_{\text{ЭХА}} + E_{\text{Об}}. \quad (5)$$

$E_{\text{ЭХА}}$ вычисляется через ток питания I (A), потребляемый ЭХА при проведении процесса, и общее напряжение U (B) на ЭХА (сумма напряжений всех ячеек ЭХА):

$$E_{\text{ЭХА}} = I \cdot U. \quad (6)$$

Подразумевается, что все ячейки в ЭХА конструктивно одинаковые (одинаковая площадь $S_{\text{я}}$ у всех ячеек), все $N_{\text{я}}$ ячеек в ЭХА электрически соединены последовательно и общее напряжение U есть сумма напряжений $U_k^{\text{я}}$ (B) всех $N_{\text{я}}$ ячеек ЭХА:

$$U = \sum_{k=1}^{N_{\text{я}}} U_k^{\text{я}}. \quad (7)$$

Общее напряжение U – функция плотности тока i (A/m^2), при которой проводится процесс в ЭХА, т.е. $U = U(i)$ – это вольт-амперная характеристика (ВАХ) ЭХА. Плотность тока процесса в ЭХА:

$$i = \frac{I}{S_{\text{я}}}. \quad (8)$$

ВАХ, т.е. напряжение $U(i)$ как функция плотности тока, имеет составляющие:

$$U(i) = U_0 + \Delta U(i). \quad (9)$$

U_0 (B) – теоретическое напряжение проведения процесса (суммарно всех $N_{\text{я}}$ ячеек ЭХА), которое определяется физико-химическими параметрами процесса и не зависит от плотности тока i . Это напряжение в «идеальном» ЭХА, когда потери отсутствуют, а вся подводимая энергия затрачивается на проведение процесса.

$\Delta U(i)$ (B) – перенапряжение проведения процесса, является функцией плотности тока i (определяет ВАХ для ЭХА). Величина $\Delta U(i)$ зависит от конструктивных параметров ЭХА, материалов электрохимической ячейки, условий проведения процесса и т.д., характеризует «реальный» ЭХА и определяет потери энергии в ЭХА, которые выделяются в виде тепла при проведении процесса.

В ходе электрохимического процесса происходят колебания температуры в ЭХА, которые влияют на величины U_0 и $\Delta U(i)$, при этом степень влияния на $\Delta U(i)$ много больше, чем на U_0 . Поэтому, для конкретного электрохимического процесса U_0 может рассматриваться как величина, близкая к постоянной, т.е. $U_0 \approx \text{const}$.

Влияние колебания давления на U_0 и $\Delta U(i)$, как правило, не учитывается, т.к. оно проявляется при изменении абсолютного давления процесса в несколько раз.

Подставив выражение (9) в выражение (6), получим для $E_{\text{ЭХА}}$ постоянную и переменные составляющие (соответственно, первое и второе слагаемое):

$$E_{\text{ЭХА}} = I \cdot U_0 + I \cdot \Delta U(i). \quad (10)$$

Мощность E_{OB} , потребляемая оборудованием ЭХС, обеспечивающим работу ЭХА (второе слагаемое выражения (5)), определяется конструкцией ЭХС. При создании ЭХС следует минимизировать E_{OB} по сравнению с мощностью потребляемой непосредственно самим ЭХА в составе ЭХС, т.е. должно быть:

$$E_{OB} \ll E_{ЭХА} \cdot \quad (11)$$

Подставив выражения (5) и (10) в (4), получим массу СЭП для ЭХС:

$$M_{СЭП} = M_{СЭП}^0(I \cdot U_0) + M_{СЭП}^*(I \cdot \Delta U(i)) + M_{СЭП}^{OB}(E_{OB}), \quad (12)$$

где $M_{СЭП}^0(I \cdot U_0)$ (κ_2) – масса СЭП, необходимая для работы «идеального» ЭХА (функция тока и теоретического напряжения ЭХА); $M_{СЭП}^*(I \cdot \Delta U(i))$ (κ_2) – масса СЭП, необходимая из-за потерь энергии в «реальном» ЭХА (функция тока и перенапряжения ЭХА); $M_{СЭП}^{OB}(E_{OB})$ (κ_2) – масса СЭП для оборудования в составе ЭХС, которое обеспечивает работу ЭХА (функция потребляемой оборудованием мощности).

3. Масса внешней СТР для ЭХС зависит от количества тепла $Q_{ЭХС}$ (Bm), которое выделяется и отводится в ЭХС:

$$M_{СТР} = M_{СТР}(Q_{ЭХС}) \cdot \quad (13)$$

$Q_{ЭХС}$ складывается из тепла $Q_{ЭХА}$ (Bm), выделяемого непосредственно в ЭХА при проведении электрохимического процесса и тепла Q_{OB} (Bm), выделяемого оборудованием ЭХС, обеспечивающим работу ЭХА:

$$Q_{ЭХС} = Q_{ЭХА} + Q_{OB} \cdot \quad (14)$$

$Q_{ЭХА}$ вычисляется через ток питания I , потребляемый ЭХА при проведении процесса, и перенапряжение проведения процесса $\Delta U(i)$ в ЭХА:

$$Q_{ЭХА} = I \cdot \Delta U(i) \cdot \quad (15)$$

Q_{OB} определяется конструкцией ЭХС. Если при создании ЭХС выполнено условие выражения (11), то следствием будет:

$$Q_{OB} \ll Q_{ЭХА} \cdot \quad (16)$$

Подставив выражения (14) и (15) в (13), получим массу СТР для ЭХС:

$$M_{СТР} = M_{СТР}^{ЭХА}(I \cdot \Delta U(i)) + M_{СТР}^{OB}(Q_{OB}), \quad (17)$$

где $M_{СТР}^{ЭХА}(I \cdot \Delta U(i))$ (κ_2) – масса СТР, необходимая для отвода тепла, выделяемого непосредственно в ЭХА при проведении процесса (функция тока и перенапряжения ЭХА); $M_{СТР}^{OB}(Q_{OB})$ (κ_2) – масса СТР, необходимая для отвода тепла, выделяемого оборудованием ЭХС, обеспечивающим работу ЭХА.

Подставив выражения (3), (12) и (17) в выражение (1), получим составляющие общих затрат массы M_2 при функционировании ЭХС.

$$M_{\Sigma} = M_{\text{ЭХА}}(S_{\text{Я}}, N_{\text{Я}}, \Pi) + M_{\text{ОБ}} + M_{\text{СЭП}}^0(I \cdot U_0) + M_{\text{СЭП}}^*(I \cdot \Delta U(i)) + (18) \\ + M_{\text{СЭП}}^{\text{ОБ}}(E_{\text{ОБ}}) + M_{\text{СТР}}^{\text{ЭХА}}(I \cdot \Delta U(i)) + M_{\text{СТР}}^{\text{ОБ}}(Q_{\text{ОБ}}).$$

Выражение (18) можно записать через среднее напряжение $U_{\text{ср}}^{\text{Я}}$ (B) на одной ячейке ЭХА и число электрохимических ячеек $N_{\text{Я}}$ в составе ЭХА, если принять:

$$U_{\text{ср}}^{\text{Я}} = \frac{U}{N_{\text{Я}}} \quad \text{или} \quad U = N_{\text{Я}} \cdot U_{\text{ср}}^{\text{Я}}. \quad (19)$$

Тогда взамен ВАХ всего ЭХА можно записать ВАХ для одной ячейки ЭХА, с теоретическим напряжением на ячейке $U_0^{\text{Я}}$ (не зависящим от плотности тока i) и средним перенапряжением $\Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i)$ проведения процесса на одной ячейке ЭХА:

$$U_{\text{ср}}^{\text{Я}} = U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i) = U_0^{\text{Я}} + \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i). \quad (20)$$

Для составляющих выражения (9) будет: $U_0 = N_{\text{Я}} \cdot U_0^{\text{Я}}$; $\Delta U(i) = N_{\text{Я}} \cdot \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i)$.

Тогда выражение (18) запишется как

$$M_{\Sigma} = M_{\text{ЭХА}}(S_{\text{Я}}, N_{\text{Я}}, \Pi) + M_{\text{ОБ}} + M_{\text{СЭП}}^0(I \cdot N_{\text{Я}} \cdot U_0^{\text{Я}}) + M_{\text{СЭП}}^*(I \cdot N_{\text{Я}} \cdot \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i)) + (21) \\ + M_{\text{СЭП}}^{\text{ОБ}}(E_{\text{ОБ}}) + M_{\text{СТР}}^{\text{ЭХА}}(I \cdot N_{\text{Я}} \cdot \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i)) + M_{\text{СТР}}^{\text{ОБ}}(Q_{\text{ОБ}}).$$

Анализ и оптимизация общих затрат массы при функционировании ЭХС

Составляющие выражения (21) зависят от параметров ЭХА: числа ячеек $N_{\text{Я}}$, тока питания I и плотности тока i (которая определяет перенапряжение $\Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i)$ на ячейке). Эти параметры ЭХА также влияют на параметры оборудования ЭХС, обеспечивающего работу ЭХА: масса $M_{\text{ОБ}}$, потребляемая мощность $E_{\text{ОБ}}$, количество выделяемого тепла $Q_{\text{ОБ}}$. Задача оптимизации общих затрат массы M_{Σ} при функционировании ЭХС сводится к определению оптимальных значений параметров $N_{\text{ЯОпт}}$, $I_{\text{Опт}}$ и $i_{\text{Опт}}$, обеспечивающих минимум массы:

$$M_{\Sigma}^* \Big|_{\text{при } N_{\text{Я}}=N_{\text{ЯОпт}}, I=I_{\text{Опт}}, i=i_{\text{Опт}}} \rightarrow \min(M_{\Sigma}^*). \quad (22)$$

В общем виде, зависимость составляющих выражения (21) от параметров ЭХА нелинейная, оптимизация, по выражению (22), затруднительна, и может потребоваться еще до начала оптимизации задать ряд параметров ЭХС и ЭХА в ее составе.

В то же время плотность тока i является основным параметром ЭХА, от которого зависят составляющие общих затрат массы M_{Σ} при функционировании ЭХС в выражении (21). От плотности тока наиболее зависимы масса ЭХА, та часть массы СЭП, которая определяется перенапряжением процесса в ЭХА, и масса СТР для ЭХА: $M_{\text{ЭХА}}(S_{\text{Я}}, N_{\text{Я}}, \Pi)$, $M_{\text{СЭП}}^*(I \cdot N_{\text{Я}} \cdot \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i))$, $M_{\text{СТР}}^{\text{ЭХА}}(I \cdot N_{\text{Я}} \cdot \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i))$. Другие составляющие M_{Σ} при изменении i имеют значения, близкие к постоянным (рис. 2).

Можно провести оптимизацию указанных составляющих M_{Σ} для нахождения их суммарного минимума, особенно, если для ЭХС задана производительность ЭХА (которая прямо пропорциональна произведению $N_{я} \cdot I$ – эквивалентному току питания) и надо определить оптимальную плотность тока $i_{опт}$ в ЭХА. Рост i дает снижение массы ЭХА, но при этом растет перенапряжение $\Delta U(i)$, что ведет к росту энергопотребления и выделения тепла, т.е. увеличивает массу СЭП и СТР (рис. 2, 3).

Опыт создания и эксплуатации ЭХС и ЭХА в составе систем позволяет применить ряд указанных ниже правил, которые приведут к получению более простых зависимостей составляющих выражения (21) от параметров ЭХА, что сделает возможным провести оптимизацию по выражению (22) без потери точности результата.

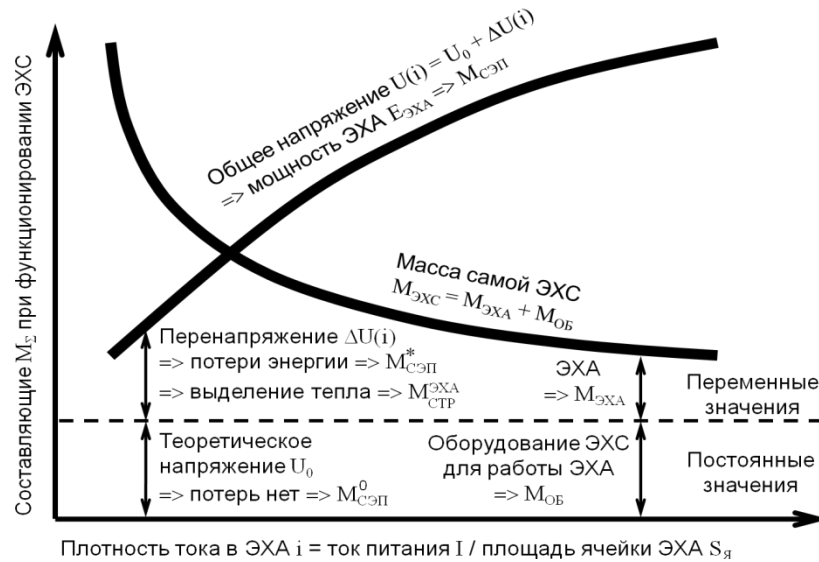


Рис. 2. Составляющие M_{Σ} при функционировании ЭХС и плотность тока

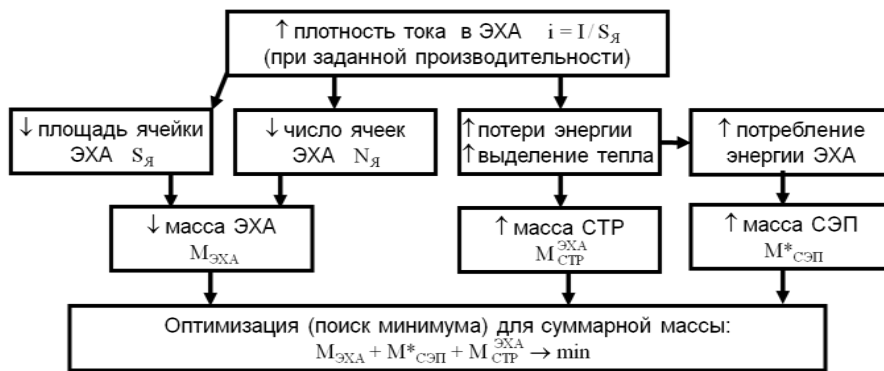


Рис. 3. Схема оптимизации плотности тока i (стрелки: \uparrow – рост, \downarrow – снижение)

1. Масса ЭХА прямо пропорциональна площади одной электрохимической ячейки $S_{я}$ и числу ячеек $N_{я}$ с коэффициентом $K_{ЭХА}$. При этом, совокупные параметры Π процесса в ЭХА учитываются через площадь ячейки $S_{я}$, которая определяет плотность тока i и, исходя из выражения (8), может быть записана через I и i .

$$M_{ЭХА}(S_{я}, N_{я}, \Pi) = M_{ЭХА}(S_{я}, N_{я}) = K_{ЭХА} \cdot S_{я} \cdot N_{я} = K_{ЭХА} \cdot \frac{I}{i} \cdot N_{я}. \quad (23)$$

2. При изменении $N_{я}$, I , $U_0^я$ и i (или $\Delta U_{ср}^я(i)$) в ЭХА параметры оборудования ЭХС ($M_{ОБ}$, $E_{ОБ}$ и $Q_{ОБ}$), обеспечивающего работу ЭХА, можно принять постоянными.

3. Масса внешней системы энергопитания (СЭП) для обеспечения работы ЭХС пропорциональна потребляемой мощности с коэффициентом $K_{СЭП}$.

$$\begin{aligned} M_{СЭП}^0(I \cdot N_{я} \cdot U_0^я) &= K_{СЭП} \cdot I \cdot N_{я} \cdot U_0^я, \\ M_{СЭП}^*(I \cdot N_{я} \cdot \Delta U_{ср}^я(i)) &= K_{СЭП} \cdot I \cdot N_{я} \cdot \Delta U_{ср}^я(i), \\ M_{СЭП}^{ОБ}(E_{ОБ}) &= K_{СЭП} \cdot E_{ОБ}. \end{aligned} \quad (24)$$

4. Масса внешней системы терморегулирования (СТР) для обеспечения работы ЭХС пропорциональна количеству выделяемого тепла с коэффициентом $K_{СТР}$.

$$\begin{aligned} M_{СТР}^{ЭХА}(I \cdot N_{я} \cdot \Delta U_{ср}^я(i)) &= K_{СТР} \cdot I \cdot N_{я} \cdot \Delta U_{ср}^я(i), \\ M_{СТР}^{ОБ}(Q_{ОБ}) &= K_{СТР} \cdot Q_{ОБ}. \end{aligned} \quad (25)$$

Подставив выражения (23)–(25) в выражение (21), получим:

$$\begin{aligned} M_{\Sigma} = & K_{ЭХА} \cdot \frac{I}{i} \cdot N_{я} + M_{ОБ} + K_{СЭП} \cdot I \cdot N_{я} \cdot U_0^я + K_{СЭП} \cdot I \cdot N_{я} \cdot \Delta U_{ср}^я(i) + \\ & + K_{СЭП} \cdot E_{ОБ} + K_{СТР} \cdot I \cdot N_{я} \cdot \Delta U_{ср}^я(i) + K_{СТР} \cdot Q_{ОБ} \end{aligned} \quad (26)$$

Выражение (26) делим на ток питания I , потребляемый ЭХА, и число ячеек $N_{я}$ в ЭХА. Получим общие затраты удельной массы m_{Σ} при функционировании ЭХС ($кг$ массы на ток в $1 А$ через 1 ячейку ЭХА – $кг/(А \cdot ячейка)$):

$$\begin{aligned} m_{\Sigma} = \frac{M_{\Sigma}}{I \cdot N_{я}} = & \frac{K_{ЭХА}}{i} + m_{ОБ} + K_{СЭП} \cdot U_0^я + K_{СЭП} \cdot \Delta U_{ср}^я(i) + \\ & + K_{СЭП} \cdot e_{ОБ} + K_{СТР} \cdot \Delta U_{ср}^я(i) + K_{СТР} \cdot q_{ОБ} \end{aligned} \quad (27)$$

где $m_{ОБ} = \frac{M_{ОБ}}{I \cdot N_{я}}$, $e_{ОБ} = \frac{E_{ОБ}}{I \cdot N_{я}}$, $q_{ОБ} = \frac{Q_{ОБ}}{I \cdot N_{я}}$ – удельные параметры оборудования ЭХС, обеспечивающего работу ЭХА (удельная масса $кг/(А \cdot ячейка)$, удельная потребляемая мощность $Вт/(А \cdot ячейка)$ и удельное выделение тепла $Вт/(А \cdot ячейка)$).

В выражении (27) можно выделить две группы слагаемых: m_{Σ}^0 , которая не зависит от плотности тока i в ЭХА, и m_{Σ}^* , которая зависит от плотности тока i :

$$m_{\Sigma}^0 = m_{ОБ} + K_{СЭП} \cdot U_0^я + K_{СЭП} \cdot e_{ОБ} + K_{СТР} \cdot q_{ОБ}, \quad (28)$$

$$m_{\Sigma}^* = \frac{K_{\text{ЭХА}}}{i} + K_{\text{СЭП}} \cdot \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i) + K_{\text{СТР}} \cdot \Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i). \quad (29)$$

Слагаемое m_{Σ}^0 – это сумма удельной массы оборудования ЭХС, обеспечивающего работу ЭХА, удельной массы СЭП, связанной с энергопотреблением «идеального» (при отсутствии потерь) ЭХА, и удельных масс СЭП и СТР, связанных с работой оборудования ЭХС, обеспечивающего работу ЭХА. Слагаемое m_{Σ}^* – это сумма удельной массы ЭХА и удельных масс СЭП и СТР, связанных с потерями подводимой энергии в ЭХА.

Если выполняются условия выражений (11) и (16), то значениями $e_{\text{ОБ}}$ и $q_{\text{ОБ}}$ можно пренебречь, сведя выражение (28) к виду:

$$m_{\Sigma}^0 \approx m_{\text{ОБ}} + K_{\text{СЭП}} \cdot U_0^{\text{Я}}. \quad (30)$$

Можно провести оптимизацию m_{Σ}^* , которая сводится к поиску оптимального значения плотности тока $i_{\text{ОПТ}}$, обеспечивающего минимальную удельную массу m_{Σ}^* :

$$m_{\Sigma}^* \Big|_{\text{при } i=i_{\text{ОПТ}}} \rightarrow \min(m_{\Sigma}^*). \quad (31)$$

В выражение (29) ставим зависимость $\Delta U_{\text{ср}}^{\text{Я}}(i)$ от плотности тока i , дифференцируем полученное выражение по i и, приравняв производную к нулю $\frac{d(m_{\Sigma}^*)}{d(i)} = 0$, решаем уравнение. Т.е. определяем значения i , при которых m_{Σ}^* имеет экстремум – точку минимума (в общем виде точек может быть несколько: точки локальных или абсолютного минимумов и максимумов или точки перегиба функции m_{Σ}^*).

Таким образом, задача оптимизации общих затрат массы M_{Σ} при функционировании ЭХС, которую требовалось вести по многим параметрам ЭХА (выражения (21) и (22)), свелась к более простой задаче оптимизации суммы удельной массы ЭХА, и удельных масс СЭП и СТР, связанных с потерями подводимой энергии в ЭХА. и оптимизацию требуется вести только по одному параметру ЭХА – плотности тока процесса в ЭХА (выражения (29) и (31)).

Кроме того, имея значения (даже оценочные) для множества параметров $\{K_{\text{ЭХА}}, K_{\text{СЭП}}, K_{\text{СТР}}, i, U_0^{\text{Я}}, m_{\text{ОБ}}, e_{\text{ОБ}}, q_{\text{ОБ}}\}$, входящих в выражение (27) для общих затрат удельной массы m_{Σ} при функционировании ЭХС, можно подсчитать вклад каждого из слагаемых и каждого параметра из множества в m_{Σ} . Подобный подход позволит определить наиболее эффективные направления модернизации в связке ЭХС–СЭП–СТР, которые дадут максимальное сокращение массы.

Можно рассмотреть общие затраты удельной массы при функционировании ЭХС на единицу производительности (ЕП) системы $m_{\Sigma/\text{ЕП}}$ ($кг/\text{ЕП}$):

$$m_{\Sigma/\text{ЕП}} = \frac{M_{\Sigma}}{G_{\text{ЭХА}}} = \frac{M_{\Sigma}}{g_{\text{ЭХА}} \cdot I \cdot N_{\text{Я}}} = \frac{m_{\Sigma}}{g_{\text{ЭХА}}} = \frac{m_{\Sigma}^0 + m_{\Sigma}^*}{g_{\text{ЭХА}}}, \quad (32)$$

где $G_{ЭХА}$ (ЕП) и $g_{ЭХА}$ (ЕП/(А·ячейка)) – полная и удельная производительности ЭХС (ЭХА в составе ЭХС) по целевому продукту в соответствующих ЕП.

Величина $g_{ЭХА}$ определяется законами электрохимии и производимым продуктом и не зависит от плотности тока. Таким образом, для связки ЭХС–СЭП–СТР оптимизация $m_{\Sigma}/ЕП$ сводится к оптимизации m_{Σ}^* (в составе m_{Σ}), т.е. оптимизация по производительности ЭХС сводится к оптимизации по плотности тока i .

Анализ ЭХС на примере системы генерации кислорода «Электрон-ВМ»

Российская система генерации кислорода (СГК) «Электрон-ВМ» работает на борту Международной космической станции с 2000 года и служит для получения кислорода для дыхания экипажа [1–3]. Электрохимический процесс в системе – электролиз воды со щелочным электролитом (раствор щелочи КОН массовой концентрацией 25 %). В СГК «Электрон-ВМ» ЭХС является технологический блок (ТБ), в котором реализуются все технологические процессы. ЭХА в составе ЭХС – это проточный биполярный электролизер фильтр-прессного типа в ТБ. Электролизер состоит из 12 электролизных ячеек. Масса электролизера 26 кг. Ток питания электролизера от 10 до 64 А, производительность, соответственно, от 25 до 160 л/час кислорода и от 50 до 320 л/час водорода (здесь и далее все объемы даны для нормальных условий – температуры 0 °С и давления 760 мм рт. ст.). Площадь электрода (электрохимической ячейки) 0,0308 м², что дает плотность тока от 0,3 до 2,1 кА/м².

Зависимость напряжения электролизера $U(i)$ (из $N_{я}$ ячеек) или одной ячейки $U_{ср}^Я(i)$ от плотности тока i в ячейке (вольт-амперная характеристика (ВАХ) по выражению (9) и (20)) – логарифмическая или линейная функция (выражение Тафеля):

$$\begin{array}{ll} \text{Логарифм} & \frac{U(i)}{N_{я}} = U_{ср}^Я(i) = U_0^Я + \Delta U_{ср}^Я(i) = a + b \cdot \ln(i). \\ \text{Линейная} & \frac{U(i)}{N_{я}} = U_{ср}^Я(i) = U_0^Я + \Delta U_{ср}^Я(i) = a_1 + b_1 \cdot i, \end{array} \quad (33)$$

где a (В), a_1 (В), b (В·м²/А), b_1 (В·м²/А) – постоянные эмпирические коэффициенты, которые определяются индивидуально для конкретной конструкции электролизной ячейки (или всего электролизера) и конкретных условий процесса электролиза.

Перенапряжение процесса электролиза в ячейке $\Delta U_{ср}^Я(i)$ можно записать как:

$$\begin{array}{ll} \text{Логарифм} & \Delta U_{ср}^Я(i) = a + b \cdot \ln(i) - U_0^Я. \\ \text{Линейное} & \Delta U_{ср}^Я(i) = a_1 + b_1 \cdot i - U_0^Я. \end{array} \quad (34)$$

Найдем оптимальное значение плотности тока $i_{опт}$, обеспечивающее минимальную сумму удельной массы ЭХА и удельных масс СЭП и СТР, связанных с потерями подводимой энергии в ЭХА (т.е. найдем минимальную m_{Σ}^*). Для этого подставим выражения (34) в выражение (29):

$$\begin{aligned}
 \text{Логарифм} \quad m_{\Sigma}^* &= \frac{K_{\text{ЭХА}}}{i} + (K_{\text{СЭП}} + K_{\text{СТР}}) \cdot (a + b \cdot \ln(i) - U_0^{\text{Я}}). \\
 \text{Линейное} \quad m_{\Sigma}^* &= \frac{K_{\text{ЭХА}}}{i} + (K_{\text{СЭП}} + K_{\text{СТР}}) \cdot (a_1 + b_1 \cdot i - U_0^{\text{Я}}). \quad (35)
 \end{aligned}$$

Для нахождения экстремума выражений (35) дифференцируем их по плотности тока i и, приравняв производную к нулю, решаем уравнение:

$$\begin{aligned}
 \text{Логарифм} \quad \frac{d(m_{\Sigma}^*)}{d(i)} &= -\frac{K_{\text{ЭХА}}}{i^2} + \frac{(K_{\text{СЭП}} + K_{\text{СТР}}) \cdot b}{i} = 0. \\
 \text{Линейное} \quad \frac{d(m_{\Sigma}^*)}{d(i)} &= -\frac{K_{\text{ЭХА}}}{i^2} + (K_{\text{СЭП}} + K_{\text{СТР}}) \cdot b_1 = 0. \quad (36)
 \end{aligned}$$

Корни уравнений (36) – это оптимальная плотность тока $i_{\text{ОПТ}}$, которая дает минимум суммы удельной массы m_{Σ}^* (из физического смысла $i \geq 0$):

$$\begin{aligned}
 \text{Логарифм} \quad i_{\text{ОПТ}} &= \frac{K_{\text{ЭХА}}}{(K_{\text{СЭП}} + K_{\text{СТР}}) \cdot b}. \\
 \text{Линейная} \quad i_{\text{ОПТ}} &= \sqrt{\frac{K_{\text{ЭХА}}}{(K_{\text{СЭП}} + K_{\text{СТР}}) \cdot b_1}}. \quad (37)
 \end{aligned}$$

То, что полученные значения $i_{\text{ОПТ}}$ являются точками минимума функций выражений (35) следует из того, что при $i < i_{\text{ОПТ}}$ производные функций (выражения (36)) отрицательные, т.е. функции убывают, а при $i > i_{\text{ОПТ}}$ – положительные, т.е. функции возрастают.

Чтобы найти значения $i_{\text{ОПТ}}$, запишем ВАХ для электролизера (12 электролизных ячеек) системы «Электрон-ВМ» (рис. 4). ВАХ получены по результатам работы СГК на борту МКС (обобщенная для восьми ТБ) и по результатам ресурсных испытаний на Земле (один ТБ) [1] (плотность тока i выражена в A/m^2 , напряжение $U(i)$ в В):

$$\begin{aligned}
 \text{работа на борту МКС (логарифм)} \quad U(i) &= 13,43 + 1,027 \cdot \ln(i), \\
 \text{работа на борту МКС (линейная)} \quad U(i) &= 19,30 + 1,201 \cdot 10^{-3} \cdot i, \\
 \text{испытания на Земле (логарифм)} \quad U(i) &= 9,48 + 1,680 \cdot \ln(i), \\
 \text{испытания на Земле (линейная)} \quad U(i) &= 19,36 + 1,571 \cdot 10^{-3} \cdot i. \quad (38)
 \end{aligned}$$

Из рис. 4 видно, что при ресурсных испытаниях на Земле общее напряжение $U(i)$ на электролизере было немного выше, чем при работе на борту МКС. Это вызвано тем, что на борту МКС, по сравнению с испытаниями на Земле, выше температура хладагента на входе в блок холодильников в составе ТБ (блок холодильников отводит тепло, выделяющееся при электролизе). От температуры хладагента зависит температура в электролизере, при повышении которой напряжение снижается. Снижение напряжения для одной электролизной ячейки электролизера системы «Электрон-ВМ» составляет 0,005–0,007 В/°С, разница в температуре хладагента ~5 °С, что для электролизера из 12 ячеек дает снижение напряжения на 0,3–0,4 В.

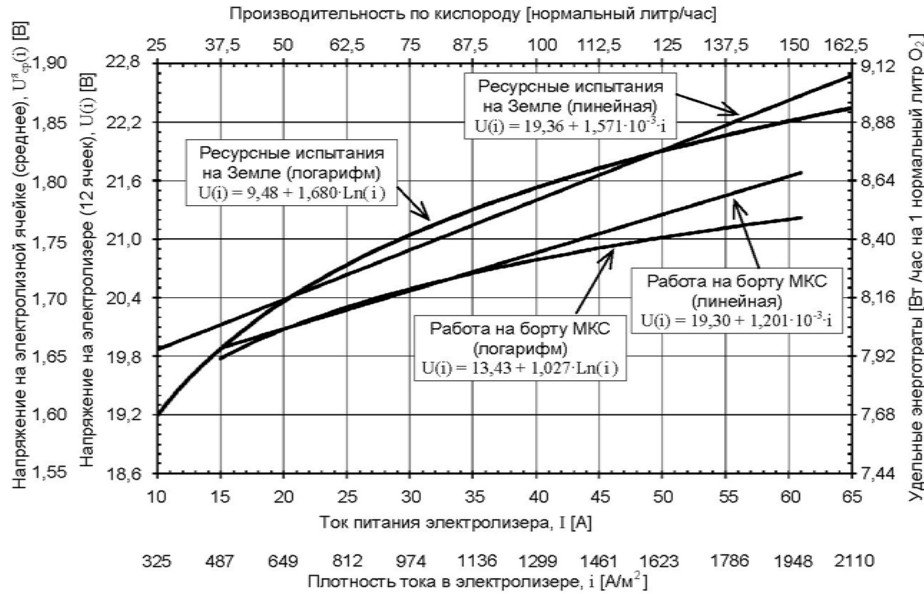


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика электролизера СГК «Электрон-ВМ»

Из представленных выражений (38): для работы на борту МКС будем анализировать линейную ВАХ, а для испытаний на Земле – логарифмическую, т.к. они аппроксимируют имеющиеся данные более точно.

ВАХ для среднего напряжения одной электролизной ячейки $U_{cp}^Я(i)$ легко получить, разделив выражения (38) на число ячеек в электролизере $N_Я = 12$:

$$\begin{aligned} \text{испытания на Земле (логарифм)} \quad \frac{U(i)}{N_Я} &= U_{cp}^Я(i) = 0,790 + 0,140 \cdot \ln(i), \\ \text{работа на борту МКС (линейная)} \quad \frac{U(i)}{N_Я} &= U_{cp}^Я(i) = 1,608 + 1,001 \cdot 10^{-4} \cdot i. \end{aligned} \quad (39)$$

Соответственно, коэффициенты выражений (33)–(35) будут иметь значения:
 $a = 0,790$ (В); $a_1 = 1,608$ (В); $b = 0,140$ (В· m^2/A); $b_1 = 1,001 \cdot 10^{-4}$ (В· m^2/A).

Теоретическое напряжение процесса электролиза воды для одной ячейки $U_0^Я = 1,48$ В. Это адиабатическое напряжение разложения воды, которое учитывает затраты энергии на процесс разложения воды и затраты энергии на изменение агрегатного состояния, т.к. жидкая вода переходит в газообразный кислород и водород.

Из выражений (39) можно получить перенапряжение проведения процесса на одной электролизной ячейке $\Delta U_{cp}^Я(i) = U_{cp}^Я(i) - U_0^Я = U_{cp}^Я(i) - 1,48$:

$$\begin{aligned} \text{испытания на Земле (логарифм)} \quad \Delta U_{cp}^Я(i) &= -0,690 + 0,140 \cdot \ln(i), \\ \text{работа на борту МКС (линейная)} \quad \Delta U_{cp}^Я(i) &= 0,128 + 1,001 \cdot 10^{-4} \cdot i. \end{aligned} \quad (40)$$

Значение для коэффициента ЭХА (в данном случае, электролизера) $K_{ЭХА}$ определяется по выражению (23), в котором принимают следующие значения параметров (см. выше): масса $M_{ЭХА} = 26$ кг, площадь ячейки $S_{я} = 0,0308$ м², число ячеек $N_{я} = 12$. Тогда $K_{ЭХА} = \frac{M_{ЭХА}}{S_{я} \cdot N_{я}} = \frac{26}{0,0308 \cdot 12} = 70,35$ кг/(м²·ячейка).

По данным литературы [4, табл. А.2]: коэффициент системы энергопитания $K_{СЭП} = 0,237$ кг/Вт; коэффициент системы терморегулирования $K_{СТР} = 0,060$ кг/Вт.

Подставив значения в выражения (35) и (37), найдем m_{Σ}^* – сумму удельной массы ЭХА и удельных масс СЭП и СТР, связанных с потерями подводимой энергии в ЭХА, и оптимальную плотность тока $i_{ОПТ}$, которая дает минимум m_{Σ}^* :

$$\text{испытания на Земле (логарифм)} \quad m_{\Sigma}^* = \frac{70,35}{i} - 0,205 + 4,158 \cdot 10^{-2} \cdot \ln(i)$$

$$i_{ОПТ} = \frac{70,35}{(0,237 + 0,060) \cdot 0,140} = 1,692 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2$$

$$\text{работа на борту МКС (линейная)} \quad m_{\Sigma}^* = \frac{70,35}{i} + 0,038 + 2,972 \cdot 10^{-5} \cdot i \quad (41)$$

$$i_{ОПТ} = \sqrt{\frac{70,35}{(0,237 + 0,060) \cdot 1,001 \cdot 10^{-4}}} = 1,538 \cdot 10^3 \text{ А/м}^2.$$

Эти оптимальные плотности тока $i_{ОПТ}$ будут при токе питания электролизера в ТБ системы «Электрон-ВМ» 52,1 и 47,4 А. При $i_{ОПТ}$ минимальная сумма удельной массы $\min(m_{\Sigma}^*)$ составит, соответственно, 0,1457 и 0,1296 кг/(А·ячейка).

Для большей наглядности и удобства сумму удельной массы при протекании тока в 1 А через одну электрохимическую ячейку m_{Σ}^* (кг/(А·ячейка)) можно пересчитать в сумму удельной массы (сумму удельной массы ЭХА и удельных масс СЭП и СТР, связанных с потерями подводимой энергии в ЭХА), необходимую для обеспечения кислородом одного человека $m_{\Sigma/чел}^*$ (кг/чел).

Средняя потребность космонавта в кислороде $G_{чел} = 25$ л/(чел·час) [5, п.п. 6.2.2.1]. По законам Фарадея, количество кислорода (в пересчете на нормальные литры), которое выделится за 1 час (3600 секунд) при прохождении тока 1 А через одну электролизную ячейку: $g_{ЭХА} = 0,209 \cdot \eta_{ток}$ (л/(час·А·ячейка)), где $\eta_{ток}$ – коэффициент использования тока в электролизере (характеризует утечки тока при электролизе). В электролизере ТБ системы «Электрон-ВМ» приняты специальные меры для предотвращения утечек тока и поэтому $0,999 < \eta_{ток} \approx 1,000$.

Тогда пересчет m_{Σ}^* в $m_{\Sigma/чел}^*$:

$$m_{\Sigma/чел}^* = \frac{G_{чел}}{g_{ЭХА}} \cdot m_{\Sigma}^* = \frac{25}{0,209 \cdot 1,000} \cdot m_{\Sigma}^* = 119,6 \cdot m_{\Sigma}^*. \quad (42)$$

Зависимость суммы удельной массы $m_{\Sigma/чел}^*$ (кг/чел) от плотности тока в электролизере для системы «Электрон-ВМ» приведена на рис. 5 и в таблице.

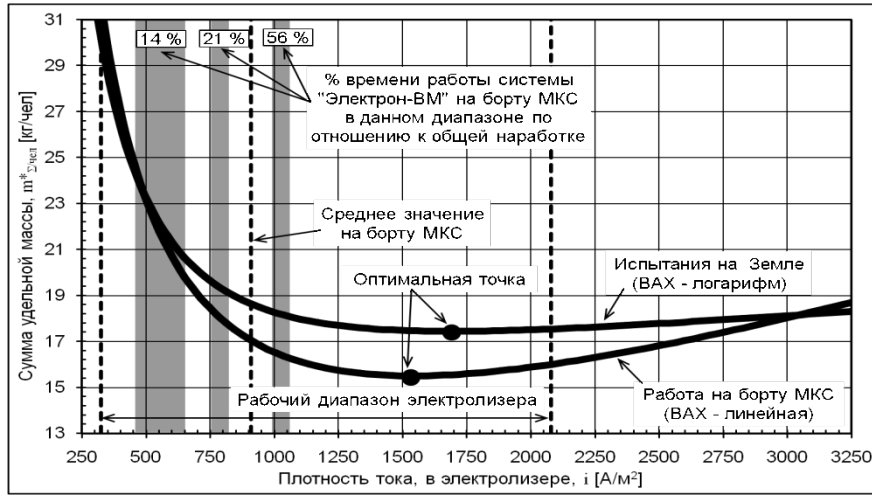


Рис. 5. Сумма удельной массы $m_{\Sigma/чел}^*$ (кг/чел) для системы «Электрон-ВМ»

Таблица

Общие затраты удельной массы для связки ЭХС (ТБ)–СЭП–СТР

Составляющие общих затрат удельной массы	Удельная масса, кг/чел при $i_{min} \dots i_{опт} \dots i_{max}$
Суммарная = $m_{\Sigma/чел}^*$	30,2 ... 17,4 ... 17,5 (Земля) 31,6 ... 15,5 ... 15,9 (МКС)
В том числе:	
– ЭХА (электролизер) = $119,6 \cdot \frac{K_{ЭХА}}{i}$	25,9 ... 5,0 ... 4,0 (Земля) 25,9 ... 5,5 ... 4,0 (МКС)
– СЭП, связанная с потерями подводимой энергии = $119,6 \cdot K_{СЭП} \cdot \Delta U_{ср}^Я(i)$	3,4 ... 9,9 ... 10,8 (Земля) 4,5 ... 8,0 ... 9,5 (МКС)
– СТР, связанная с потерями подводимой энергии = $119,6 \cdot K_{СТР} \cdot \Delta U_{ср}^Я(i)$	0,9 ... 2,5 ... 2,7 (Земля) 1,2 ... 2,0 ... 2,4 (МКС)
Оборудование ЭХС (ТБ без электролизера), обеспечивающее работу ЭХА = $119,6 \cdot m_{об} = m_{об/чел}$	20,9
СЭП, связанная с энергопотреблением «идеального» (при отсутствии потерь) ЭХА = $119,6 \cdot K_{СЭП} \cdot U_0^Я$	42,0
СЭП, связанная с работой оборудования ЭХС = $119,6 \cdot K_{СЭП} \cdot e_{об}$	0,37
СТР, связанная с работой оборудования ЭХС = $119,6 \cdot K_{СТР} \cdot q_{об}$	0,05
ВСЕГО = $119,6 \cdot m_{\Sigma}$	93,5 ... 80,7 ... 80,8 (Земля) 94,9 ... 78,8 ... 79,2 (МКС)

Можно найти значения каждого слагаемого в составе m_{Σ}^* (или $m_{\Sigma/\text{чел}}^*$) выражения (29) – удельная масса ЭХА (электролизера) и удельные массы СЭП и СТР, связанные с потерями подводимой энергии в ЭХА (см. таблицу).

Для дальнейшего анализа связки ЭХС (ТБ системы «Электрон-ВМ»)–СЭП–СТР рассчитаем значения слагаемых удельной массы в группе m_{Σ}^0 , которая не зависит от плотности тока i в ЭХА (выражение (28) в составе выражения (27) для общих затрат удельной массы m_{Σ}). Для большей наглядности по выражению (42) также пересчитаем все эти удельные массы при протекании тока в 1 A через одну электрохимическую ячейку в удельные массы для обеспечения кислородом одного человека.

Масса ТБ системы «Электрон-ВМ» (ЭХС) составляет 160 кг , включая 26 кг массы электролизера (ЭХА). У электролизера максимальный ток питания 64 A и 12 электролизных ячеек. Тогда удельная масса оборудования ЭХС, обеспечивающего работу ЭХА, $m_{\text{Об}} = (160 - 26) / (64 \cdot 12) = 0,1745 \text{ кг/(A} \cdot \text{ячейка)}$, или, пересчитав по выражению (42), $m_{\text{Об/чел}} = 119,6 \cdot m_{\text{Об}} = 20,9 \text{ кг/чел}$.

Удельная масса СЭП, связанная с энергопотреблением «идеального» (при отсутствии потерь) ЭХА $K_{\text{СЭП}} \cdot U_0^{\text{Я}} = 0,237 \cdot 1,48 = 0,3508 \text{ кг/(A} \cdot \text{ячейка)}$, или, пересчитав по выражению (42), $119,6 \cdot 0,3508 = 42,0 \text{ кг/чел}$.

Оборудование ТБ системы «Электрон-ВМ» (ЭХС), т.е. циркуляционные насосы, электромагнитные клапаны и датчики, обеспечивающие работу электролизера (ЭХА), потребляют суммарную мощность $E_{\text{Об}} < 10 \text{ Вт}$ и выделяют суммарное тепло $Q_{\text{Об}} < 5 \text{ Вт}$. Поделив максимально возможные значения этих величин на максимальный ток питания электролизера 64 A и 12 электролизных ячеек, получим удельную потребляемую мощность $e_{\text{Об}} = 10 / (64 \cdot 12) = 0,0130 \text{ кг/(A} \cdot \text{ячейка)}$ и удельное выделение тепла $q_{\text{Об}} = 5 / (64 \cdot 12) = 0,0065 \text{ кг/(A} \cdot \text{ячейка)}$. Удельные массы СЭП и СТР, связанные с работой оборудования ТБ, обеспечивающего работу электролизера, $K_{\text{СЭП}} \cdot e_{\text{Об}} = 0,237 \cdot 0,0130 = 0,0031 \text{ кг/(A} \cdot \text{ячейка)}$ для СЭП и $K_{\text{СТР}} \cdot q_{\text{Об}} = 0,060 \cdot 0,0065 = 0,0004 \text{ кг/(A} \cdot \text{ячейка)}$ для СТР, или, пересчитав по выражению (42), $119,6 \cdot 0,0031 = 0,37 \text{ кг/чел}$ для СЭП и $119,6 \cdot 0,0004 = 0,05 \text{ кг/чел}$ для СТР. Полученные удельные массы СЭП и СТР, связанные с работой оборудования ТБ, обеспечивающего работу электролизера, много меньше других удельных масс и ими можно пренебречь, т.е. выражение (28) свести к выражению (30).

Полученные значения составляющих общих затрат удельной массы для связки ЭХС (ТБ системы «Электрон-ВМ»)–СЭП для обеспечения работы ТБ–СТР для обеспечения работы ТБ, сведены в таблице, из которой следует, что:

1. Наибольшее сокращение общих затрат массы даст модернизация СЭП, т.е. снижение массы СЭП в расчете на единицу производимой мощности.

2. Направление модернизации ТБ системы «Электрон-ВМ» – снижение массы оборудования в составе ТБ, обеспечивающего работу электролизера при сохранении характеристик оборудования по потреблению энергии и выделению тепла.

3. Главное направление модернизации электролизера в составе ТБ – это выбор такого режима эксплуатации ТБ по плотности тока питания в электролизере i , при котором обеспечивается минимальная или близкая к минимальной $m_{\Sigma/\text{чел}}^*$ сумма удельной массы электролизера и удельных масс СЭП и СТР, связанных с потерями подводимой энергии в ЭХА. Этот режим будет при токе питания более $\approx 31 \text{ A}$ (i более $\approx 1000 \text{ A/m}^2$ – см. рис. 5). При этом, эксплуатация при оптимальной плотности тока является более приоритетным направлением модернизации электролизера, чем

снижение его массы или улучшение его энергетических характеристик за счет уменьшения величины перенапряжения процесса электролиза в ячейке $\Delta U_{\text{cp}}^{\text{Я}}(i)$.

Заключение

В настоящее время для регенерационных систем жизнеобеспечения (РСЖО) экипажа ОКС стоит вопрос о создании комплекса РСЖО как единого целого, когда необходимо учитывать как взаимосвязи отдельных РСЖО в комплексе, так и взаимное влияние всех систем на борту [1, 2, 6, 7] (СЭП и СТР занимают здесь ведущее место). Предложенный анализ позволит выявить наиболее критические участки в связке ЭХС–СЭП–СТР и войдет составной частью в полную модель эффективности (модель эквивалентной массы) интегрированного комплекса РСЖО [6].

Энергетические и массовые ограничения при создании РСЖО относятся к первому уровню значимости [6], что также требует оптимизации ЭХС по критерию удельная масса–плотность тока.

Общие перспективы развития РСЖО [7] и изменения в подходе к эксплуатации уже существующих систем на борту ОКС (включая изменение методик эксплуатации и подключение дополнительного оборудования) [8] делают необходимым разработку методов анализа и оптимизации всего комплекса систем на борту ОКС. Анализ связки из нескольких систем является составной частью и начальным этапом этого метода. При этом, все те направления развития, которые предлагались для регенерационных систем обеспечения газового состава как части комплекса РСЖО [6–8], могут быть распространены и на РСЖО в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А. Система генерации кислорода «Электрон-ВМ» на борту Международной космической станции // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 3 (8). – С. 84–99.
- [2] Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А., Гаврилов Л.И., Кочетков А.А., Павлова Н.В., Телегин А.А., Рябкин А.М., Киришин О.В., Любимов Г.А. Системы генерации кислорода на основе электролиза воды: результаты эксплуатации на Международной космической станции и перспективы развития // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2008. – Т. 42. – № 6/1 (доп.). – С. 70–72.
- [3] Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А., Гаврилов Л.И. Российская система генерации кислорода «Электрон-ВМ» на борту МКС // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2013. – Т. 47. – № 4. – С. 126.
- [4] Jones H., Kliss M. Mars Transit Life Support // 37th International Conference on Environmental Systems (Chicago, Illinois, USA). July 9-12, 2007. SAE Publication (SAE Technical Paper Series). № 2007-01-3160. P. 1-12.
- [5] ГОСТ Р 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования. – М.: Госстандарт, 1995. – 121 с.
- [6] Гаврилов Л.И., Курмазенко Э.А., Томашпольский М.Ю., Кочетков А.А., Прошкин В.Ю. Перспективы создания регенерационных систем обеспечения газового состава для межпланетных полетов // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2008. – Т. 42. – № 6/1. – С. 67–69.
- [7] Курмазенко Э.А., Прошкин В.Ю., Кочетков А.А. Перспективы регенерационных систем обеспечения газового состава для экипажа обитаемых космических станций // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2013. – Т. 47. – № 4. – С. 86–87.
- [8] Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А., Кочетков А.А., Гаврилов Л.И. Вопросы эксплуатации регенерационных систем обеспечения газового состава российского модуля Международной космической станции // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2013. – № 65. – С. 1–21. <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php>.

УДК 629.784

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В ИНТЕРЕСАХ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАЗОВАНИЯ

С.Н. Самбуров

Почетный д.т.н. Национального инженерного университета Перу, почетный профессор Юго-Западного государственного университета, академик РАКЦ С.Н. Самбуров (РКК «Энергия», Россия)

В статье представлены описания космических экспериментов, проводимых на борту МКС, в интересах популяризации космических исследований и космического образования молодежи, приведены результаты проведенных экспериментов и даны описания новых планируемых экспериментов.

Ключевые слова: Международная космическая станция, космическое образование, научные эксперименты, радиоловительская связь, уроки из космоса, микро-спутник, наноспутник, космонавт, скафандр.

The USE of the International Space Station in the Interests of Popularization of Space Research and Education. S.N. Samburov

The paper describes experiments carried out aboard the ISS in the interests of popularization of space research and youth education, represents the results of conducted experiments, and describes the new planned experiments.

Keywords: the International Space Station, space education, scientific experiments, amateur radio communication, lessons from space, microsatellite, nanosatellite, cosmonaut, space suit.

В настоящее время актуальной задачей является использование Международной космической станции (МКС) в качестве современного инновационного элемента в системе космического образования молодежи.

С целью использования в образовании возможностей российского сегмента (РС) МКС, в настоящее время в рамках Долгосрочной программы научно-прикладных исследований и экспериментов Федерального космического агентства разработана научно-образовательная программа космических экспериментов. Программа способствует созданию условий для привлечения молодежи к самостоятельной научно-исследовательской деятельности под руководством ведущих специалистов предприятий и организаций космического профиля. Основным достоинством программы является возможность проведения диалога между экипажем МКС, студентами и школьниками по радиоловительскому каналу связи. Некоторые фрагменты этих уроков можно посмотреть на сайте «Радиосвязь с МКС» [1]. Использование частот для радиоловителей позволяет проводить сеансы связи и эксперименты непосредственно из школ и университетов в реальном масштабе времени.

В статье продемонстрированы результаты реализации отечественных и зарубежных космических экспериментов: «РадиоСкаф», «МАИ-75», «Тень-Маяк», «Великое начало», «О Гагарине из космоса», а также изложены перспективы новых запланированных экспериментов, таких, как эксперимент по исследованию развертывания бескаркасной тонкопленочной конструкции с борта сверхмалого космического аппарата «Парус-МГТУ» и других. Использование МКС в качестве современного инновационного элемента в системе космического образования мо-

лодежи позволит популяризировать достижения космонавтики, улучшить качество образования и повысить престиж космической деятельности.

1. Введение

МКС является уникальной космической платформой, используемой для проведения исследований в таких различных областях, как, например, наука о жизни, биология и биотехнология, естествознание и материаловедение, исследование человеческого организма и наука о Земле и космосе. Она демонстрирует эффективность некоторых технологий, включая роботизированную дозаправку в космосе и маневрирование на орбите при наличии нескольких объектов, и служит платформой для проведения различных научно-технических экспериментов, а также образовательных мероприятий для подрастающих поколений.

Вопросам преумножения выгод, получаемых человечеством от использования МКС, уделяется большое внимание со стороны многих из 15 стран-участниц создания и эксплуатации этого многоцелевого космического исследовательского комплекса. В образовательном пространстве МКС сегодня используется в качестве современного инновационного элемента в системе космического образования молодежи: школьников, студентов, аспирантов, молодых специалистов. За 14 лет эксплуатации МКС на ней было реализовано большое количество образовательных экспериментов. В качестве примеров можно назвать следующие:

- научно-образовательное мероприятие НАСА под названием «Бабочки, пауки и растения в космосе», которое продемонстрировало эффективность использования МКС в качестве платформы для проведения экспериментов, ориентированных на учащихся, и обучения в области естествознания, техники, технологии и математики;

- проект Канадского космического агентства под названием "АцгогаМАХ" – первый проект по одновременному мониторингу северного сияния с Земли и МКС;

- модульные дидактические материалы, разработанные Европейским космическим агентством, включающие в себя учебные наборы МКС, которые выпущены на 12 языках, и киноматериалы, охватывающие вопросы фундаментальной космической науки, образования в области здравоохранения и питания и космической робототехники; уроки с демонстрациями экспериментов с борта МКС в масштабе реального времени для учащихся начальной и средней школы на 13 языках, а также курсы для студентов и преподавателей университетов;

- «Учу Ренши» – космический цикл стихотворных произведений, организованный Японским космическим агентством ДжАКСА на японском языке, объединяющий людей, включая находящихся в космосе членов экипажа, позволяя им вместе думать о Вселенной, о Земле и о самой жизни, что приводит к созданию связанных между собой стихотворений; ДжАКСА также проводит конкурс экспериментов по полетам в условиях невесомости, который позволяет студентам из Японии и других азиатских стран совершать параболические полеты и проводить эксперименты с семенами растений в рамках международного сотрудничества.

Совсем недавно даже видеохостинг YouTube и производитель ноутбуков Lenovo предложили школьникам и студентам разработать научные эксперименты, лучшие из которых будут реализованы на борту МКС [2]. Задача – стимулировать учащихся изучать научный мир как на Земле, так и за ее пределами. Проект поддержали космические агентства США (НАСА), Европы (ЕКА) и Японии (ДжАКСА), а также компания Space Adventures, которая занимается космическим туризмом.

На совещании экспертов Организации Объединенных Наций по выгодам для человечества от использования МКС, которое состоялось в Вене 11 и 12 июня 2012 года, Управление по вопросам космического пространства предложило концепцию под названием «Распространение учебных материалов по микрогравитологии и технологии полетов человека в космос», преследующую цель перевести учебные материалы по микрогравитологии и технологии полетов человека в космос на официальные языки ООН и распространять их через свою сеть по всему миру [3]. ЮНЕСКО предложила несколько концепций, касающихся информационно-пропагандистской и просветительской работы. В рамках «Образовательной деятельности вместе со школами» было предложено использовать школьную сеть ЮНЕСКО для распространения учебных материалов, разработанных для МКС и других космических полетов. В рамках «Образовательной деятельности в университетах» было предложено использовать сеть университетов для подготовки ориентированных на потребителя учебных материалов и распространения их по всему миру. ЮНЕСКО также предложила оказывать поддержку осуществляемым студентами проектам, в которых используются общедоступные данные наблюдения Земли с МКС, например, мониторинг отдельных участков, а также изменения окружающей среды и климата.

РС МКС является также уникальной лабораторией, находящейся в реальных условиях космического пространства. В декабре 2012 года Федеральным космическим агентством Российской Федерации была утверждена Долгосрочная программа научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС [4]. В рамках этой программы в разделе «Образование и популяризация космических исследований» предусмотрено проведение образовательных космических экспериментов на борту РС МКС. Эта инициатива ориентирована как на поддержку и развитие творческих способностей талантливой молодежи, так и на разработку и внедрение новых образовательных стандартов, в первую очередь, в области использования результатов космической деятельности. Программа позволяет разрабатывать и проводить на борту РС МКС образовательные эксперименты с участием школьников и студентов с целью наглядной демонстрации и изучения особенностей и свойств физических процессов и явлений в околоземном космическом пространстве, природных явлений и деятельности живых организмов. В рамках программы школьники и студенты имеют возможность участвовать как в процессе проектирования, создания и отработки, так и эксплуатации космической техники: приеме и обработке информации о работе бортовых систем космического аппарата, научного и экспериментального оборудования, аппаратуры наблюдения Земли из космоса.

2. Исторические аспекты

Практическое начало реализации образовательной технологии с космической площадки было положено во время полета советского орбитального комплекса «Мир» (1987–2001 гг.). Российские космонавты во главе с бортинженером Александром Серебровым провели серию уроков из космоса с демонстрацией различных опытов в условиях невесомости и иллюстрацией действия законов природы уникальными опытами и экспериментами [5, 6]. По итогам этих уроков были сделаны видеофильмы на русском и английском языках по физике, гидродинамике, механике, поведению жидкости в невесомости, «Ожившая карта», «Гидрология суши» и другие. Но первый урок, по словам Александра Сереброва, был особо памятен для него: «В

январе 1990 года с Александром Викторенко во время моего очередного полета мы провели первый урок из космоса, посвященный памяти Кристи Макколиф. И лишь после этого начались съемки других уроков» [7]. Так была отдана память американской учительнице-астронавту Шарон Кресте Маколифф, погибшей при старте космического челнока «Челленджер».

В создании образовательных уроков с демонстрацией различных экспериментов в условиях невесомости участвовали также советские космонавты Геннадий Стрекалов, Валерий Поляков, Александр Полещук, Юрий Усачев, Василий Циблиев и другие.

3. Образовательные эксперименты на РС МКС

Основными целями российской научно-образовательной программы космических экспериментов на РС МКС являются:

- использование возможностей РС МКС для наглядной демонстрации физических законов и явлений;
- создание условий для привлечения молодежи к самостоятельной научно-исследовательской деятельности под руководством ведущих специалистов предприятий и организаций.

В настоящее время по программе проведения космических образовательных экспериментов реализуются 7 космических экспериментов, введены в программу 8, готовится к реализации 1 космический эксперимент [8].

Эксперимент «РадиоСкаф» по созданию, подготовке и запуску в процессе внекорабельной деятельности (ВнеКД) сверхмалых космических аппаратов был разработан и успешно реализуется в ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королёва. Он состоит из нескольких этапов. Руководитель эксперимента – С.Н. Самбуров, научный руководитель – летчик-космонавт А.П. Александров. Эта международная космическая научно-образовательная программа ориентирована на молодежь и студентов технических специальностей высших и специальных учебных заведений и широкий круг радиолюбителей.

Первый этап эксперимента – радиолюбительский спутник «РадиоСкаф» (рис. 1) – был реализован на основе скафандра «Орлан М», выработавшего свой ресурс и находившегося на МКС [9]. Он использовался как «оболочка» космического аппарата. Внутри скафандра и на его шлеме было смонтировано оборудование для передачи радиосигнала на частоте 145,99 МГц. Спутник «РадиоСкаф» был запущен российским космонавтом Валерием Токаревым 3 февраля 2006 года и передавал сигналы до 18 февраля. Общее время работы передатчика составило 14 суток 7 часов 34 минуты. За это время спутник совершил более 230 оборотов вокруг Земли и передал более 3500 раз приветствия ректоров МГТУ им. Н.Э. Баумана и Московского авиационного института, руководителя проекта, изображение станции, голоса школьников, телеметрию. В разработке спутника принимали участие студенты МГТУ им. Н.Э. Баумана и Московского авиационного института. В результате проведения эксперимента были получены данные для будущих разработок запуска подобных спутников в рамках молодежных образовательных программ. Была отработана методика сборки на борту и запуска подобных спутников с МКС во время проведения ВнеКД. Был проверен способ создания научно-образовательных спутников, не требующий больших материальных затрат, с использованием утилизируемых компонентов.



Рис. 1. Радиолобительский спутник «РадиоСкаф»:
а) – внешний вид спутника; б) – научная аппаратура

Вторым этапом эксперимента «РадиоСкаф» стал микроспутник «ARISSat-1/KEDR», запущенный с МКС 3 августа 2011 года российским космонавтом Сергеем Волковым (рис. 2, 3). В изготовлении и поставке отдельных блоков и систем принимали участие ARISSat, AMSAT-NA, США и Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ, г. Курск, Россия). Свой позывной «Кедр» спутник получил в честь 50-летия первого полета человека в космос. Студенты кафедры конструирования и технологии электронно-вычислительных средств ЮЗГУ разработали и изготовили собственный измеритель вакуума с целью выяснить, как влияют потоки заряженных частиц в космическом пространстве на показания ионизационного вакуумметра. На спутнике находилась аппаратура – солнечные батареи, аккумуляторы, научные приборы, которые сделали студенты, а также устройство, регистрирующее в космосе облака молекул.

Срок существования спутника на орбите – около полугода. С орбиты он передавал в автоматическом режиме 25 приветственных сообщений на 15 языках, фотографии Земли и телеметрическую информацию. Кроме того, спутник вещал и на частотах любительской радиосвязи, а именно, 145,95 МГц. Услышать его мог любой радиолобитель на Земле. За первые сутки полета было принято 19 сигналов с орбиты, что сразу подтвердило нормальное функционирование всех его систем. Спутник прекратил передавать сигналы 4 января 2012 года.

В период экспедиции МКС-40 был успешно проведен третий этап эксперимента «РадиоСкаф» по доставке и ручного запуска с борта МКС во время ВнеКД-39 в августе 2014 года наноспутника НС-1 «Часки-1» (рис. 4, 5, 6). Это первый наноспутник России из серии спутников «Кубсат», запущенный с борта МКС. Спутник имеет размеры 105x105x105 мм и массу 1,4 кг. На всех шести плоскостях спутника установлены солнечные батареи. На спутнике установлены видеокамеры инфракрасного и видимого диапазонов. Спутник имеет систему стабилизации по магнитному полю Земли. С борта спутника в радиолобительском диапазоне волн передаются изображения с видеокамер, телеметрические данные о состоянии систем спутника и фотографии рисунков детей на космическую тему.

Отталкивание наноспутника проводилось космонавтом рукой во время проведения ВнеКД с якоря выходного устройства против вектора скорости движения МКС со скоростью приблизительно 0,5 м/с.



Рис. 2. Микроспутник «ARISSat-1/KEDR»: общий вид



Рис. 3. Микроспутник «ARISSat-1/KEDR»: запуск спутника



Рис. 4. Спутник HC-1 на МКС

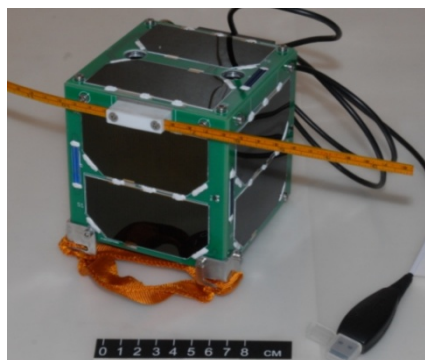


Рис. 5. Общий вид спутника HC-1

Результаты эксперимента (передачи с борта спутника) могут получать все наземные радиолюбительские пункты связи, находящиеся в зоне радиовидимости спутника. Полученные результаты помещаются постановщиком космического эксперимента на специальный сайт в Интернете.

В период с 2008 года по 2012 год на РС МКС был реализован образовательный эксперимент МАИ-75 [10].

Основными целями проведения эксперимента были:



Рис. 6. 18.08.14 г. в ходе работ в открытом космосе (ВнеКД № 39)
О.Г. Артемьев осуществил запуск наноспутника NS-1 «Часки-1»

- проверка возможности организации персональных коммуникаций между пользователями на Земле и информационными ресурсами внутри МКС;
- проверка возможности использования стандартных протоколов сети Интернет для обращения к информационным ресурсам внутри МКС;
- проверка возможности включения в учебный процесс в вузах аэрокосмического профиля информационных и телекоммуникационных ресурсов как используемых, так и производимых в процессе проведения эксперимента.

Разработчики эксперимента – коллектив студентов и преподавателей Московского авиационного института. В рамках эксперимента «МАИ-75» отработывалось построение системы оперативного представления видеоинформации из космоса в масштабе времени, близком к реальному, и ее распределение в компьютерных сетях в интересах решения задач образовательных учреждений различного уровня. Эксперимент предполагал получение с борта РС МКС различной видовой информации по имеющемуся на борту радиоловительскому каналу связи.

В результате проведения эксперимента «МАИ-75» были созданы научно-обоснованные методики и специализированные программно-технические средства, обеспечивающие взаимодействие различных категорий пользователей с экипажем МКС по специализированным каналам связи посредством применения удаленных терминалов пользователей на примере университетских Центров управления полетами Московского авиационного института и Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, радиоловительского пункта в г. Королёве Московской области и бортовой радиоловительской системы связи «Спутник» на МКС.

В 2011 году в связи с 50-летием полета первого человека в космос Московский авиационный институт на основании отработанных ранее в эксперименте «МАИ-75» методик и специализированных программно-технических средств разработал космический эксперимент «О Гагарине из космоса» [11]. Суть эксперимента – открытая передача с борта РС МКС по радиоловительскому каналу связи на

наземные приемные станции радиолюбителей всего мира изображений фотоматериалов, посвященных жизни и деятельности первого космонавта Земли Ю.А. Гагарина. Успех заключался в значительно более широком привлечении радиолюбителей. Важным фактором в проведении космического эксперимента следует считать также пропаганду отечественных и мировых достижений в области освоения космического пространства.

К юбилею полета Ю.А. Гагарина усилиями РКК «Энергия» и ряда образовательных и общественных организаций был проведен эксперимент «Великое начало» [12].

Цель эксперимента – разработка методики популяризации достижений отечественной пилотируемой космонавтики с использованием новых информационных технологий.

Эксперимент «Великое начало» состоит из двух частей: наземной и бортовой. Основная задача наземной части – создание сетевого ресурса «Планета Королева» [12] для обеспечения информационной поддержки эксперимента. На сегодняшний день это единственный сетевой ресурс, воспользовавшись которым можно отправить сообщение за пределы сети Интернет – на орбиту Земли, где находится МКС. Вторая часть эксперимента состоит из ТВ-сеансов на борту РС МКС, во время которых МКС предстанет перед зрителем в качестве космической лаборатории для проведения экспериментов.

В рамках празднования 55-летия запуска первого искусственного спутника Земли и начала космической эры 4 октября 2012 года на телеканале «Россия-24» вышел телевизионный урок для школьников «Земля – наш дом» – совместный образовательный проект Федерального космического агентства и телеканала «Россия-24». Урок с борта МКС провели космонавты Роскосмоса Геннадий Падалка, Сергей Ревин и Юрий Маленченко. В условиях невесомости они рассказали о законах физики, химии, биологии, географии. Отдельная глава фильма-урока была посвящена программе МКС и экологии нашей планеты. Космонавты рассказывали и демонстрировали, чем в невесомости отличается масса от веса, как работает миниатюрная летающая тарелка, что такое четвертое состояние вещества, как выглядят ночью города и континенты и почему любая царапина заживает в невесомости в два раза быстрее [13].

Также на борту РС МКС проводился космический эксперимент «Тень-Маяк», в котором с использованием имеющейся на борту радиолюбительской аппаратуры связи помимо научных преследуются также образовательные цели.

Космический эксперимент «Тень-Маяк» заключается в том, что в заданном регионе с МКС бортовым радиомаяком излучаются зондирующие сигналы диапазона 145 МГц, содержащие метки времени. Задача каждого наземного участника эксперимента состоит в том, чтобы принять эти сигналы и зарегистрировать моменты начала и окончания приема зондирующего сигнала, а затем направить эту информацию вместе с сообщением о своем географическом местонахождении на момент приема в Центр сбора и обработки информации. Каждый сеанс эксперимента «Тень-Маяк» может занимать до двадцати минут, пока МКС пролетает над континентальным мерным полем [14].

Совокупность этих данных и расчетных сведений о текущем взаимном положении спутника и каждого приемника позволяет определить основные свойства «многолучевого» метода радиозондирования подспутникового пространства.

Исключительная простота такого метода радиозондирования позволяет для проведения космического эксперимента «Тень-Маяк» привлечь непрофессио-

нальных операторов радиолюбителей, а также использовать его для учебно-образовательных программ, в том числе в формате лабораторных работ. Разумеется, для проведения таких работ понадобится создание в учебном заведении коллективной любительской радиостанции и согласование учебного процесса с полетным заданием экипажа МКС.

Бортовое любительского радио успешно использовалось при проведении серии сеансов космического эксперимента «Тень-Маяк» в период 2011–2013 гг. с участием около 100 наземных операторов. В этих сеансах были опробованы сценарий лабораторной работы и новая форма внеклассной работы со школьниками на основе процедуры космического эксперимента «Тень-Маяк». Наиболее интересным наблюдением в проведенных сеансах является неожиданно сильно выраженная нерегулярность условий приема сигнала наземными станциями при различных ракурсах визирования МКС.

4. Перспективные проекты

1. Разработка и запуск спутников серии «Кубсат».

В связи с ростом числа заявок от различных университетов и организаций по запуску изготовленных ими спутников в РКК «Энергия» разработаны проекты запуска спутников как с космического грузового корабля серии «Прогресс», так и с внешней поверхности МКС. В связи с тем, что спутники серии «Кубсат» имеют стандартные размеры $10 \times 10 \times 10$ см, для них разработали специальные пусковые контейнеры, позволяющие запускать до трех спутников одновременно.

2. Проект «Парус-МГТУ».

В настоящее время в МГТУ им. Н.Э. Баумана разрабатывается космический эксперимент «Сверхмалый космический аппарат «Парус-МГТУ» для отработки на МКС. В эксперименте участвуют около 30 студентов и аспирантов университета.

Назначение эксперимента:

- отработка технологии развертывания двухлопастной тонкопленочной конструкции, раскрываемой центробежными силами – прототипа солнечного паруса, с целью уточнения математических моделей систем с гибкой связью, разработанных аспирантами МГТУ им. Н.Э. Баумана;
- летная квалификация бортового оборудования и программного обеспечения космического аппарата, разработанного студентами и аспирантами с целью обогащения учебных курсов практическими материалами;
- подтверждение квалификации студенческого коллектива МГТУ им. Н.Э. Баумана, способного осуществить полный цикл разработки космического аппарата от возникновения идеи до приема научной информации с космического аппарата, находящегося на рабочей орбите;
- получение практического опыта разработки космической техники студентами и аспирантами, занятыми в работе над проектом;
- разработка демонстрационных и учебно-методических материалов для обогащения учебных курсов методическими пособиями, демонстрационными материалами, лабораторными работами, затрагивающими спектр вопросов, решенных в ходе подготовки и проведения космического эксперимента.

Основные технические характеристики:

- развертываемая конструкция: двухлопастная, роторного типа, длина лопасти – 5 м, толщина – 6 мм, материал – полиэтилентерефталат;
- масса – 900 ± 50 г, габариты в сложенном состоянии – $140 \times 100 \times 80$ мм;

- радиолиния: 435 МГц, частотная модуляция, протокол передачи АХ.25;
- срок активного существования – 14 дней, срок пассивного существования – 3 месяца;
- способ запуска: с МКС (включен в Долгосрочную программу научных экспериментов в декабре 2012 года).

Внешний вид космического аппарата «Парус-МГТУ» представлен на рис. 7.

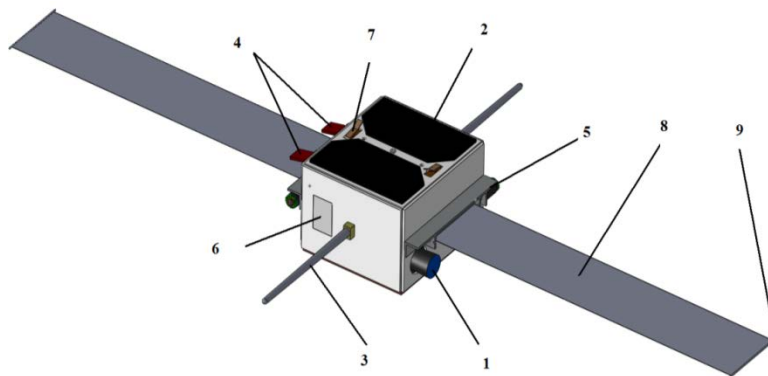


Рис. 7. Внешний вид и состав космического аппарата «Парус-МГТУ»:

- 1 – фотокамера; 2 – фотоэлектрический преобразователь; 3 – дипольная антенна;
 4 – тумблеры предстартовой активации; 5 – привод разворачиваемой конструкции;
 6 – радиационная поверхность; 7 – контакт отделения; 8 – разворачиваемая конструкция – прототип солнечного паруса; 9 – концевой груз для стабилизации процесса разворачивания

Служебные системы космического аппарата «Парус-МГТУ» представлены на рисунке 8.

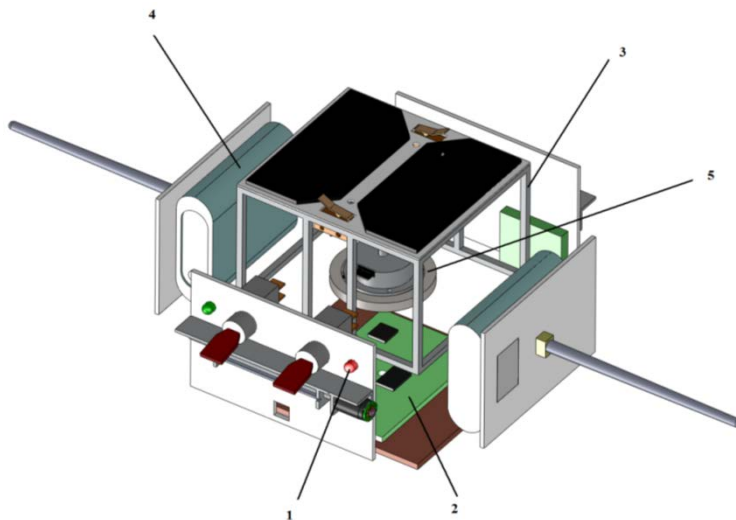


Рис. 8. Состав служебных систем космического аппарата «Парус-МГТУ»:

- 1 – индикатор предстартового состояния; 2 – плата управления; 3 – каркас корпуса аппарата;
 4 – аккумуляторная батарея; 5 – двигатель-маховик

Для увеличения количества сеансов приема научных данных, а также для решения задач популяризации науки и техники, к приему данных с разрабатываемого космического аппарата будут привлекаться учебные заведения различного уровня, а также мировое радиолюбительское сообщество.

5. Выводы

Использование МКС и, в частности, ее российского сегмента для образования и популяризации космических исследований позволяет:

- повысить мотивацию школьников и студентов связать свою будущую профессию с космическими исследованиями;
- привлечь интеллектуальный и технический потенциал международного радиолюбительского сообщества для мониторинга околоземного пространства;
- повысить уровень научно-технических знаний школьных педагогов и преподавателей вузов через компоненту «космические исследования»;
- улучшить качество преподавания дисциплин естественно-научного профиля путем использования возможностей космических систем;
- популяризировать достижения отечественной и мировой космонавтики и повысить престиж космической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Интернет-страница «Радиосвязь с МКС» - www.rsoiss.ru.
- [2] Интернет-страница «Scientific American Space Lab» - youtube.com/spacelab.
- [3] Доклад о работе Совещания экспертов Организации Объединенных Наций по выгодам для человечества от использования Международной космической станции (Вена, 11 и 12 июня 2012 года).
- [4] Сайт «Координационный научно-технический совет по программам научно-прикладных исследований и экспериментов на пилотируемых космических комплексах» - <http://knts.tsniimash.ru/ru/src/Files/dp.pdf>.
- [5] Интернет-страница «Космическая станция «Мир» раскрывает тайны...» <http://www.youtube.com/watch?v=RD1kDfq9P4I>.
- [6] Интернет-страница «Лаборатория космических исследований» <http://www.spacephys.ru/uroki-iz-kosmosa>.
- [7] Интернет-страница «Образование XXI века» - <http://www.ug.ru/old/99.23/t6.htm>.
- [8] Интернет-страница «Направления НПИ» <http://knts.tsniimash.ru/ru/site/Direction.aspx?id=6>.
- [9] Интернет-страница «RadioSkaf» - <http://radioskaf.ru/en/suitsat1/>
- [10] Интернет-страница «Эксперименты» http://knts.tsniimash.ru/ru/site/Experiment_q.aspx?idE=104.
- [11] Интернет-страница «Эксперименты» - http://knts.tsniimash.ru/ru/site/Experiment_q.aspx?idE=227.
- [12] Интернет-страница «Планета Королева» http://gagarin.energia.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=5.
- [13] Интернет-страница «Почтовый ящик МКС» <http://www.federalspace.ru/main.php?id=189>.
- [14] Интернет-страница «Проект космического плазменного эксперимента «Тень» с участием радиолюбителей на Международной космической станции» <http://knts.tsniimash.ru/shadow/ru/Overview.aspx>.

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.784

К 20-ЛЕТИЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКО-АМЕРИКАНСКОЙ СОВМЕСТНОЙ КОМИССИИ ПО ПРОГРАММЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (декабрь 1994–сентябрь 2014 гг.)

20-year Anniversary of the Joint Russian-American Board
on the International Space Station Program (December 1994–September 2014)



Этапы, предшествовавшие созданию Совместной комиссии

Российско-американское международное сотрудничество по пилотируемой космонавтике на практике началось в июле 1975 года с совместного полета пилотируемых кораблей «Союз» и «Аполлон». Корабли «Союз» (в составе командира Алексея Леонова и бортинженера Валерия Кубасова) и «Аполлон» (в составе командира корабля Томаса Стаффорда, астронавтов Вэнса Бранда и Дональда Слейтона) впервые были состыкованы на околоземной орбите и их экипажи трудились в совместном полете около пяти суток.



В последующие 18 лет, характеризуемые как годы «холодной войны», между Советским Союзом и Соединенными Штатами Америки не было совместных программ в области пилотируемых космических полетов.

Впервые о создании в США космической станции под названием «Фридом» было объявлено в 1984 году. Это был гигантский проект станции массой не менее 100 тонн и с экипажем до 12 человек. Через несколько лет было понято, что одной стране, даже США, это дорого, и началось формирование международной кооперации. В 1989 году сложилась кооперация стран по проекту «Альфа», но тогда без России. И даже тогда участники проекта переоценили свои технические и экономические возможности и проект Международной космической станции оказался нежизнеспособным.

Политические изменения, происшедшие в мире в 90-е годы XX столетия, привели к подписанию Соглашения между РФ и США (17 июня 1992 года) о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях и Исполнительного соглашения между РКА и НАСА (5 октября 1992 года) о сотрудничестве в выполнении программы пилотируемых космических полетов. На сессии Российско-американской совместной комиссии по экономическому и технологическому сотрудничеству (комиссия Чернобырдин–Гор 1–2 сентября 1993 года) стороны согласовали ряд инициатив по значительному расширению сотрудничества в области пилотируемых космических полетов.

21 июня 1994 года между РКА и НАСА был подписан контракт «О поставках и услугах для станции Мир-1 и Международной космической станции в Фазе 1 и для отдельных видов работ в Фазе 2» на 400 миллионов долларов США.

Этот контракт обеспечивал возможность НАСА приобрести у Российского космического агентства (РКА) и его подрядчиков оборудование и услуги до 1997 года включительно для обеспечения как первоначальных программ «Мир–Шаттл» (1994–1995 гг.), «Мир–НАСА» (октябрь 1995–1999 гг.), так и мероприятий по МКС, включая на начальном этапе:

- проведение до десяти стыковок орбитального корабля «Шаттл» со станцией «Мир»;
- проведение научных исследований астронавтами США на борту станции «Мир» с 18 до 21-го месяца общего времени научных исследований;
- выполнение американскими астронавтами трех выходов для внекорабельной деятельности на станции «Мир»;
- транспортировку кораблем «Шаттл» на станцию 3,5 тонны сухих грузов и 3,5 тонны воды;
- использование на борту станции «Мир» 2,3 тонны научного оборудования НАСА;
- разработку российской стороной стыковочного отсека (модуля) для использования при стыковке кораблей «Шаттл» со станцией «Мир»;
- выделение до 20 миллионов долларов на проведение совместных российско-американских исследований, проводимых на борту станции «Мир».

В соответствии с контрактом американский корабль «Шаттл» обеспечивал доставку и возвращение смены экипажей на станцию «Мир», доставку расходных запасов с Земли на станцию «Мир» и возвращение со станции на Землю для повторного использования российского бортового оборудования.

Программа «Мир–Шаттл» объединяла в себе совместную деятельность космонавтов и астронавтов на борту американского орбитального корабля «Шаттл»,

российских пилотируемого транспортного корабля «Союз ТМ» и орбитальной станции «Мир».

Программа «Мир–Шаттл» в начальный период ограничивалась:

– полетом в феврале 1994 года шаттла «Дискавери» STS-60, в состав экипажа которого входил Сергей Крикалёв, впервые из российских космонавтов совершивший полет на американском многоразовом транспортном космическом корабле «Спейс Шаттл»;

– полетом в феврале 1995 года шаттла «Дискавери» STS-63 со сближением впервые со станцией «Мир» до 10 метров, в состав экипажа корабля входил российский космонавт Владимир Титов;

– запуском в марте 1995 года пилотируемого транспортного корабля «Союз ТМ-21» с экипажем основной экспедиции ЭО-18, в состав которой входил впервые американский астронавт Норман Тагард, которому предстояло работать в многомесячной экспедиции на борту станции «Мир»;

– полетом шаттла «Атлантис» STS-71 и его стыковкой впервые со станцией «Мир» в июне 1995 года и заменой российско-американского экипажа станции российским экипажем.

Программа «Мир–НАСА» начиналась со второго совместного полета шаттла «Атлантис» STS-74 и станции «Мир», запланированного на октябрь и выполненного в ноябре 1995 года. Во время этого полета шаттлом был доставлен на станцию «Мир» стыковочный отсек, разработанный РКК «Энергия» и использовавшийся в дальнейшем для стыковок кораблей «Шаттл» со станцией «Мир».

В программу «Мир–НАСА» входили также дальнейшие полеты американских астронавтов на кораблях «Шаттл» на станцию «Мир», что позволяло проводить совместные российско-американские эксперименты на орбите до 18 месяцев. Согласно заключенному контракту, РКК «Энергия» предоставляла НАСА стыковочные агрегаты, необходимые на орбитальных кораблях «Дискавери», «Атлантис» и «Индевор» для обеспечения стыковок со станцией «Мир» и к узловым модулям Node американского сегмента МКС.

Формирование Совместной комиссии

В ходе реализации первого этапа работ по программам «Мир–Шаттл» и «Мир–НАСА» в рамках контракта между РКК и НАСА могли возникнуть проблемные вопросы как со стороны Российской Федерации, так со стороны США. Для проведения независимой оценки возможных проблемных вопросов, влияющих на безопасность совместных полетов, и выработки мер по решению проблем необходим был совместный представительный орган.

На 4-й сессии Межправительственной Российско-американской комиссии по экономическому и технологическому сотрудничеству, состоявшейся в Москве 15 и 16 декабря 1994 года под председательством В.С. Черномырдина, председателя правительства РФ, и Альберта Гора, вице-президента США, были даны указания генеральному директору Российского космического агентства (РКА) Ю.Н. Коптеву и администратору НАСА Д. Голдину «разработать процесс ознакомления агентств с программными планами и возможностями друг друга и периодически докладывать Межправительственной комиссии о состоянии дел». При этом отмечалось, что «имеется потребность в улучшении взаимопонимания, а также понимания работы программ друг друга».



Комиссия Черномырдина–Гора приняла предложение, согласованное между Ю.Н. Коптевым и Д. Голдиным, о том, что такую группу должны возглавить в качестве сопредседателей директор ЦНИИмаша академик Владимир Федорович Уткин с российской стороны, а с американской – астронавт НАСА генерал Томас Паттен Стаффорд.

Руководители РКА и НАСА, приняв указание комиссии Черномырдина–Гора, пришли к соглашению, что такая группа должна действовать на постоянной основе как независимая совместная комиссия и что на первом этапе она сосредоточит свои усилия на рассмотрении вопросов безопасности и надежности при реализации программы «Мир–Шаттл».

Совместная комиссия, в дальнейшем называвшаяся как Совместная комиссия Уткина–Стаффорда, получила полномочия совместно на первом этапе оценивать вопросы, связанные с техническим риском, планами по уменьшению степени

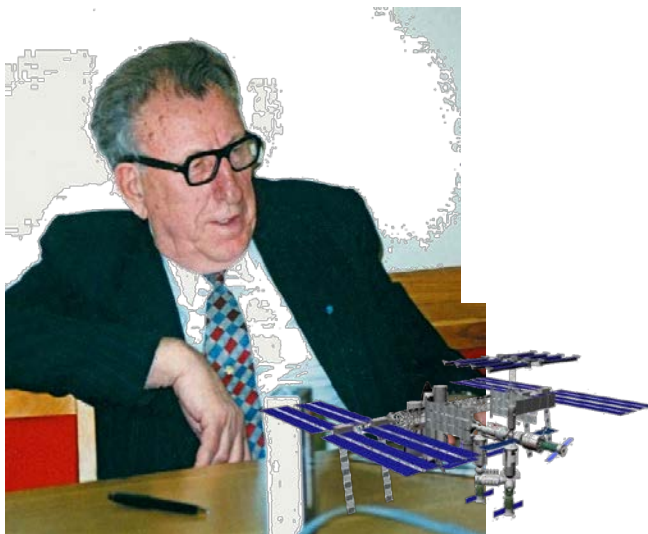
риска и уроками, полученными от полетов со сближением и стыковкой в рамках Фазы 1 программ «Мир–Шаттл» (1994–1995 гг.), «Мир–НАСА» (1995–1999 гг.).



Для обеспечения деятельности Совместной комиссии с российской стороны генеральным директором РКА Ю.Н. Коптевым 14.02.1995 г. был утвержден состав Консультативно-экспертного совета (КЭС) РКА по проблемам обеспечения совместных полетов станции «Мир» и орбитальных кораблей «Шаттл» во главе с академиком В.Ф. Уткиным.

Перед Консультативно-экспертным советом РКА была поставлена задача давать независимую оценку состояния дел по программе «Мир–Шаттл» совместно со Специальной комиссией Консультативного комитета НАСА генерала Т. Стаффорда, включая разработку необходимых рекомендаций по увеличению степени надежности совместных российско-американских полетов, и докладывать о проведенной работе генеральному директору РКА.

Аналогичная задача ранее (в мае 1994 года) была поставлена администратором НАСА Д. Голдиным перед Специальной комиссией Консультативного комитета НАСА, возглавляемого генералом Т. Стаффордом.





Начало деятельности групп Уткина и Стаффорда

Первого февраля 1995 года впервые состоялась личная встреча В.Ф. Уткина и Т.П. Стаффорда в Космическом центре имени Джона Кеннеди в дни подготовки и запуска МТКК «Спейс Шаттл» с орбитальным кораблем «Дискавери» STS-63, выполнявшим впервые полет к российской станции «Мир» на расстоянии 10 метров (без стыковки).

С 8 по 19 февраля 1995 года в России состоялись первые официальные заседания рабочих групп академика В.Ф. Уткина и генерала Т.П. Стаффорда. Были обсуждены возможные проблемные вопросы, волновавшие американскую сторону перед полетом в марте астронавта Нормана Тагарда на российском транспортном корабле «Союз» на станцию «Мир» (ЭО-18). Этот полет стал первым длительным (4 месяца) полетом американского гражданина на российском пилотируемом комплексе.

Российских экспертов интересовала методология обеспечения безопасности состоявшегося только что полета орбитального корабля «Дискавери» STS-63 со сближением его со станцией «Мир» до 10 метров, а также предстоящего в июне 1995 года полета американского корабля «Атлантис» STS-71 с проведением впервые операции его стыковки с российской орбитальной станцией «Мир», их дальнейшего совместного полета в связке и возвращения корабля на Землю.

Во время посещения России в январе, феврале, марте члены Специальной комиссии генерала Стаффорда смогли ознакомиться с деятельностью по пилотируемой тематике ведущих российских организаций РКК «Энергия», ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, ЦПК имени Ю.А. Гагарина, ЦУП ЦНИИмаш, ИМБП РАН. Члены Специальной комиссии генерала Стаффорда побывали на космодроме Байконур на запусках грузового корабля «Прогресс М» (февраль 1995 г.) и пилотируемого корабля «Союз ТМ» (март 1995 г.) с экипажем в составе Владимира Дежурова, Геннадия Стрекалова, Нормана Тагарда.

В конце марта-начале апреля 1995 года впервые состоялся ответный визит группы академика В.Ф. Уткина в США. Заседания и встречи членов Консультативно-экспертного совета Уткина и Специальной комиссии Стаффорда в течение двух дней проходили в Космическом центре им. Л. Джонсона (Хьюстон, штат Техас).

На первом заседании группы Уткина и Стаффорда приветствовали руководители Космического центра им. Л. Джонсона Каролин Хантум и Джорж Эбби, руководители пилотируемых программ штаб-квартиры НАСА, директор программ «Мир-Шаттл» Томми Холлоуэй и директор программы МКС Рэнди Бринкли. В своем приветственном выступлении Владимир Федорович Уткин сформулировал свое понимание основных задач Совместной комиссии: «Перед нашими группами Комиссией Черномырдина–Гора поставлена непростая задача. Мы должны понять, все ли в совместной программе на первом этапе сделано правильно с точки зрения безопасности предстоящих полетов. Предстоит впервые сложная стыковка орбитального корабля «Атлантис» со станцией «Мир». Мы должны посмотреть, нет ли упущений? Как будут взаимодействовать средства связи? Какие будут нагрузки? Какие могут быть воздействия двигателей шаттла на станцию «Мир» и двигателей «Мира» на шаттл? Как могут взаимодействовать атмосферы «Мира» и шаттла? Мы с этим встречаемся впервые. Как обеспечивается безопасность полёта на МТКК «Спейс Шаттл» на всех этапах? Как будут взаимодействовать группы управления ЦУП-Хьюстон и ЦУП-Москва? Как идет подготовка экипажей? Вопросы могут возникать и другие, и мы вместе должны посмотреть и дать нашу оценку предстоящему полету и стыковке шаттла «Атлантис» со станцией «Мир» как независимые эксперты».

Членам делегации В.Ф. Уткина была предоставлена возможность познакомиться в Космическом центре Л. Джонсона с тренажерами подготовки астронавтов к полету на шаттле и стыковке шаттла с ОС «Мир», совместной работой ЦУПа в Хьюстоне и ЦУПа в Москве и другими объектами.

В городе Хантсвилл, штат Алабама, делегация посетила Космический пилотируемый центр им. Джона Маршалла (КПЦМ) и фирму Боинг. Делегацию Уткина приветствовал генеральный директор Космического пилотируемого центра им. Джона Маршалла Дж.П. Бридвел. В КПЦМ члены российской делегации ознакомились с работами и тематикой Центра, его историей, побывали в производственных цехах, на испытательной базе. Посетили музей города, называемый «Ракетный центр», где ознакомились с опытом работы Центра с детьми, музейными экспонатами ракетной техники США, включая «Сатурн-5», X-15 и многими другими изделиями.





На производственной площадке Космического центра им. Джона Маршалла делегацию подробно познакомили с технологическим процессом изготовления узловых модулей Node2 и Node1, лабораторного модуля Lab, жилого модуля НАВ для американского сегмента МКС.

В штате Флорида делегация академика В.Ф. Уткина посетила Космический центр им. Джона Кеннеди. Состоялась встреча с руководством Центра и подробное знакомство с многочисленными объектами. На стартовом комплексе СК-39 подробно познакомили с действиями экипажа шаттла и стартового персонала в случае возникновения возможных аварийных ситуаций. Познакомились непосредственно с подготовкой корабля «Атлантис» к его полету STS-71, включая его стыковку с ОС «Мир» в июне 1995 года.

Завершающим этапом в первой поездке группы академика В.Ф. Уткина в США стало посещение штаб-квартиры НАСА в Вашингтоне. Здесь членам Совместной комиссии был представлен брифинг по организации работ в НАСА по обеспечению безопасности и надежности полетов МТТК «Спейс Шаттл», особенностям подготовки заключения о готовности к очередной космической миссии МТКК «Спейс Шаттл». Состоялась также ознакомительная беседа с главным врачом НАСА по организации медицинского обеспечения американских астронавтов.

Утром 10 апреля 1995 года члены делегации академика В.Ф. Уткина и члены комиссии генерала Т. Стаффорда были приняты в Белом Доме помощниками Президента США по международным делам и космической деятельностью Лионеллом Джонсом и Джефом Кокером. Встреча проходила в историческом зале, где А. Гором и В. Черномырдиным подписывалось в 1993 году соглашение между США и РФ о сотрудничестве в области космической деятельности. В тот же день у В.Ф. Уткина состоялись встречи с председателем комитета по науке Конгресса США и послом Российской Федерации в Соединенных штатах Америки.



В июне 1995 года академик В.Ф. Уткин представил генеральному директору РКА Ю.Н. Коптеву по итогам работы в США «Доклад по проблемам обеспечения первого совместного полета станции «Мир» и орбитального корабля «Атлантис» STS-71». В докладе отмечалось, что «...уровень взаимодействия всех элементов программы «Мир–Шаттл», опыт, накопленный во время предыдущих полетов, и квалификация персонала не оставляют сомнений и дают уверенность в успехе STS-71».

Генерал Т.П. Стаффорд направил 22 июня 1995 года администратору НАСА Д.С. Голдину письмо, в котором он в деталях представил последние данные по проблемным вопросам, выявленным в процессе работы Специальной комиссии и рассмотренным в ее докладе в марте 1995 года. В письме было подробно изложено состояние ряда проблем, которые возникли уже после выпуска доклада в марте 1995 года. Генерал Стаффорд в своем письме указывал, что «...все вопросы были соответствующим образом рассмотрены в рамках совместной российско-американской программы «Мир–Шаттл» и что орбитальный корабль «Атлантис» STS-71 готов к выполнению безопасного и успешного полета».

В своем отчете Т. Стаффорд отмечал, что в процессе работы по подготовке этих независимых доклада и отчетов, обмена отчетами и заключениями, содержащихся в них, была заложена основа для тесных рабочих отношений между членами Консультативно-экспертного совета РКА академика В.Ф. Уткина и членами Специальной комиссии Консультативного комитета НАСА генерала Т.П. Стаффорда.

Начало деятельности групп Уткина и Стаффорда как Совместной комиссии Уткина–Стаффорда

В сентябре 1995 года академик В.Ф. Уткин и генерал Т.П. Стаффорд провели первое официальное совместное заседание в Москве, на котором были обсуждены «Положение о Консультативно-экспертном совете РКА и Специальной комиссии Консультативного Комитета НАСА», а также план совместной работы и выпуска совместных отчетов. Эти встречи были продуктивными и завершились 11 сентября 1995 года подписанием «Положения...», официально утвержденного генеральным директором РКА Ю.Н. Коптевым и администратором НАСА Д.С. Голдиным.

Деятельность Совместной комиссии Уткина–Стаффорда по программам «Мир–Шаттл» и «Мир–НАСА»

Наиболее значимыми событиями и проблемными вопросами, по которым Совместная комиссия представила свои независимые оценки в ходе реализации российско-американских программ «Мир–Шаттл» и «Мир–НАСА» в период с января 1995 года по июнь 1998 года, явились:

1995 год:

– комплекс проблемных вопросов, влияющих на безопасность первой стыковки орбитального корабля «Атлантис» со станцией «Мир», пятидневного совместного полета в связке «Шаттл–Мир» и посадки корабля «Шаттл» при возвращении на Землю;

– вопросы безопасности при полете корабля «Атлантис» STS-74, доставившего новый российский стыковочный отсек СО-1 к модулю «Кристалл» станции «Мир».

1996 год:

– отказ в полете системы закрытия створок грузового отсека орбитального корабля «Колумбия»;

– пролизы в РДТТ ускорителей МТКК «Спейс Шаттл»;

– подготовлен и представлен «Первый совместный отчет Комиссии Уткина–Стаффорда по Фазе 1»;

– готовность к полету в сентябре 1996 года корабля «Атлантис» STS-79 и его стыковка со станцией «Мир» и очередной смене астронавтов.

1997 год:

– пожар на борту станции «Мир» 23 февраля;

– не состоявшаяся стыковка грузового корабля «Прогресс М-33» в марте;

– утечки этиленгликолесодержащего хладагента во внутренней системе терморегулирования станции «Мир» в апреле;

– столкновение грузового корабля «Прогресс М-34» со станцией «Мир» 25 июня, приведшее к разгерметизации модуля «Спектр» и потере 50 % мощности электроснабжения станции;

– отказы БЦВМ в апреле, августе и сентябре.



В сентябре 1997 года заседания Совместной комиссии совпали по времени с проведением в Рязани Международной конференции, посвященной 140-летию со дня рождения К.Э. Циолковского, основоположника космонавтики, земляка В.Ф. Уткина.



В этой поездке в Рязань Т.П. Стаффорда волновало, чтобы эти встречи в дни 140-летия К.Э. Циолковского не заглушили главную цель заседаний Совместной комиссии в тот период – оценку готовности станции «Мир» принять в сентябре новый «Шаттл» и нового астронавта США, особенно после случившегося в июне 1997 года столкновения грузового корабля «Прогресс М-34» со станцией «Мир».

Т. Стаффорд тогда говорил и о новой волне давления некоторых влиятельных конгрессменов, выступавших против улучшающихся контактов России и США. Стаффорд говорил, что если ему 25 сентября не удастся объяснить Конгрессу всю ситуацию, то полета STS-86 не будет. После пленарных заседаний в Рязани и итоговом обсуждении в ЦНИИмаше академиком В.Ф. Уткиным и генералом Т.П. Стаффордом было подписано Совместное заявление, в котором были отражены рекомендации по снижению влияния случившихся отказов на работоспособность экипажа и самой станции и по поддержанию необходимого уровня безопасности экипажа во время всего полета.

Томас Стаффорд по возвращении в сентябре 1997 года из Москвы в Вашингтон доложил в Конгрессе США и администратору НАСА о заседаниях Совместной комиссии по оценке причин столкновения грузового корабля «Прогресс» со станцией «Мир», о принятых ограничивающих мерах и заключении Совместной комиссии. Руководством НАСА было принято решение о полете очередного корабля «Атлантис» STS-86 со стыковкой его со станцией «Мир» и продолжении работы на станции американского астронавта.

1998 год:

- подготовка первых экипажей МКС;
- проблемы обеспечения управляемого свода с орбиты станции «Мир» и ее затоплении;
- завершающий 10-й полет «Шаттла» к станции «Мир»;
- готовность к запуску ФГБ «Заря» и Node Unity и их стыковка.

1999 год:

- о целесообразности переноса с ОС «Мир» оборудования на МКС;

– подготовлен и подписан «Итоговый совместный отчет по Фазе 1», в котором подводились итоги деятельности Совместной комиссии Уткина–Стаффорда по программам «Мир–Шаттл» и «Мир–НАСА».



С февраля 1995 года по июнь 1998 года Совместной комиссией была дана оценка 10 полетам орбитальных кораблей «Шаттл» к станции «Мир», из них один со сближением на расстоянии 10 метров и девять со стыковкой. Девять российских космонавтов участвовали в семи полетах кораблей «Шаттл», включая STS-60, STS-63, STS-71, STS-84, STS-86, STS-89, STS-91, и семь американских астронавтов участвовали в долговременных экспедициях на станции «Мир».

Всего за время работы Совместной комиссии Уткина–Стаффорда была дана оценка с точки зрения безопасности полетов основным экспедициям с ЭО-18 по ЭО-27 и пятнадцати экспедициям посещения, включая посещения экипажей девяти шаттлов. Общее количество побывавших в этот период на станции «Мир» космонавтов и астронавтов составило более 80 человек.



В соответствии с соглашениями и контрактами американские корабли «Шаттл» оказывали помощь по доставке и возвращению смены экипажей на станцию «Мир», пополнению запасов и проведению мероприятий с полезными нагрузками. Возможности станции «Мир» постоянно увеличивались за счет поставки как американского, так и российского оборудования и программного обеспечения.

Во время каждого совместного полета кораблей «Шаттл» и станции «Мир» выявлялись новые проблемы, требовавшие совместного решения. Обе стороны проделали определенную работу по преодолению различий в культуре и технологиях для разрешения непростых программных и технологических вопросов. Опыт, извлеченный из каждой проведенной экспедиции на станции «Мир», использовался для усовершенствования существующих процедур и будущего сотрудничества. Наиболее существенным был тот факт, что две основные мировые конкурирующие школы освоения космоса, развивавшиеся ранее независимо, развернув первый этап своего сотрудничества, смогли достичь такого уровня взаимодействия, который был необходим для создания Международной космической станции.

Деятельность Совместной комиссии на этапе программы МКС

Межправительственная Российско-американская комиссия Черномырдина–Гора, заслушивавшая в 1996 и 1997 годах вопрос о деятельности Совместной комиссии Уткина–Стаффорда, дала положительную оценку ее работе, отмечая полезность ее деятельности, и рекомендовала продлить работу Совместной комиссии на последующие этапы программы МКС.

В январе 1998 года Совместная комиссия приступила к обсуждению вопроса о подготовке первых экипажей к полетам и работе на МКС.

Первые экипажи МКС вынуждены были проходить подготовку к полетам на МКС в условиях, когда работа над специальными учебными модулями еще не была завершена. Задача Совместной комиссии состояла в том, чтобы оценить достаточность подготовки первых экипажей Шепарда и Усачева для проведения длительной экспедиции на борту МКС.

Необходимо было также оценить ход работ, состояние и прогноз по готовности модулей ФГБ «Заря», Node1 Unity, СМ «Звезда» принять первые экипажи, а также готовность грузовых кораблей «Прогресс», пилотируемых кораблей «Союз ТМ» и кораблей «Шаттл» к доставке первых экипажей на МКС и возвращения их на Землю. По результатам встреч с экипажами и специалистами, посещениями мест сборки ФГБ, СМ, Node1, Lab, брифингов специалистов ЦПК имени Ю.А. Гагарина, РКК «Энергия», Космического центра им. Л. Джонсона Совместная комиссия дала оценку уровня готовности первых экипажей к полетам на МКС и представила соответствующий доклад руководителям агентств РКА и НАСА.

В сентябре 1998 года Совместная комиссия Уткина–Стаффорда рассмотрела готовность к запуску первого элемента МКС – модуля ФГБ «Заря», планируемого на 20 ноября 1998 года, и готовность к запуску и стыковке в декабре 1998 года американского узлового модуля Node1 “Unity”. Запуск модуля ФГБ «Заря» был успешно осуществлен РН «Протон» в соответствии с намеченной программой.

2 декабря 1998 года во время сессии Совместной комиссии в Космическом центре им. Дж. Кеннеди заседание посетили генеральный директор Росавиакосмоса Ю.Н. Коптев и администратор НАСА Д.С. Голдин. Руководители агентств отметили важную роль Совместной комиссии Уткина–Стаффорда в выполнении программ «Мир–Шаттл» и «Мир–НАСА», а также в решении многих других проблемных вопросов программы МКС. Руководители Росавиакосмоса и НАСА поблагодарили членов КЭС-СК за работу, высказали пожелание, чтобы Совместная комиссия продолжила работу уже в рамках программы МКС. Ю.Н. Коптев и Д. Голдин предложили Совместной комиссии рассмотреть вопрос о переносе оборудования с ОС «Мир» на МКС. В ответ академик В.Ф. Уткин и генерал Т.П. Стаффорд поблагодарили руководителей Росавиакосмоса и НАСА за высокую оценку деятельности Совместной комиссии и заверили, что поручение продолжить ее работу и в рамках программы МКС – это огромное доверие руководителей космических агентств Российской Федерации и США.

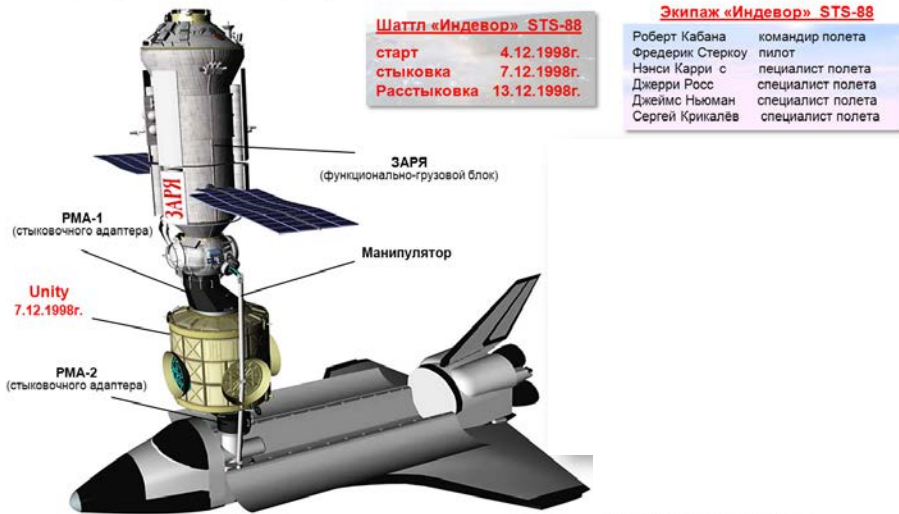
На приеме по случаю запуска корабля Индевор STS-88 с целью стыковки модуля Node1 к ФГБ В.Ф. Уткин в своем выступлении отметил важную роль Совместной комиссии в реализации программ «Мир–Шаттл», «Мир–НАСА» и в начинающемся формировании Международной космической станции.



4 декабря 1998 года состоялся запуск корабля «Индевор» с модулем Node1, а 7 декабря 1998 года присоединение модуля Node1 к модулю «Заря». В образовавшейся связке модулей ФГБ «Заря» и Node1 Unity в декабре 1998 года, а затем в мае и сентябре 1999 года с короткой миссией побывали экипажи трех шаттлов, в том числе российские космонавты.

Владимир Федорович Уткин в работе Консультативно-экспертного совета РКА и Совместной комиссии опирался на профессионализм, знания и активное участие ключевых специалистов РКК «Энергия» имени С.П. Королёва, ГК НПО имени М.В. Хруничева, НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина, ИМБП РАН, ЦНИИмаша. С расширением задач, возлагаемых на Совместную комиссию, и появлением новых проблемных вопросов по ходу выполнения программы МКС состав Консультативно-экспертного совета РКА корректировался, к работе КЭС активно подключились Ю.И. Григорьев, П.И. Климук, И.Д. Пестов (1997 г.), Ю.Н. Глазков и В.К. Карраск (1999 г.).

Конфигурация международной космической станции МКС (7.12.1998г.)



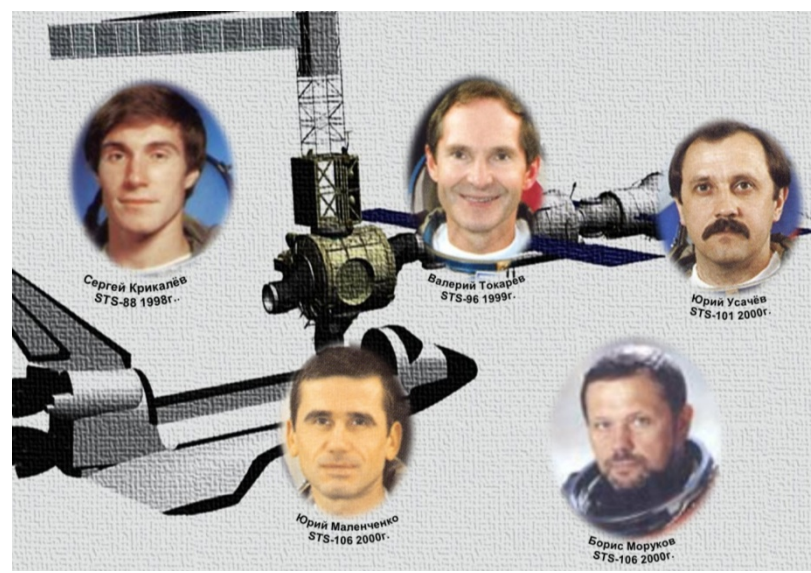
Шаттл «Индевор» STS-88
старт 4.12.1998г.
стыковка 7.12.1998г.
Расстыковка 13.12.1998г.

Экипаж «Индевор» STS-88

Роберт Кабана	командир полета
Фредерик Стеркоу	пилот
Нэнси Карри	специалист полета
Джерри Росс	специалист полета
Джеймс Ньюман	специалист полета
Сергей Крикалёв	специалист полета

STS-88 — первая строительная миссия, выполненная НАСА по программе сборки Международной космической станции. Основной задачей миссии была доставка на орбиту американского модуля «Юнити» (Unity) с двумя стыковочными переходниками и пристыковка модуля «Юнити» к уже находящемуся в космосе российскому модулю «Заря». В грузовом отсеке шаттла находились также два демонстрационных спутника MightySat, а также аргентинский исследовательский спутник. Эти спутники были запущены после того, как экипаж шаттла закончил работы связанные с МКС, и шаттл отстыковался от станции. Полётное задание было успешно выполнено, в ходе полёта экипажем было осуществлено три выхода в открытый космос.

Совмещения продольных осей «Unity» и «Заря» производилось с помощью манипулятора Шаттла. Завершающая стадия стыковки производилась двигателями модуля «Заря».



Серьезным испытаниям подверглись планы реализации программы МКС в результате аварий РН «Протон» 5 июля 1999 года и 27 октября 1999 года. На космодроме Байконур уже шли работы по подготовке к запуску российского модуля «Звезда», являвшегося ключевым для обеспечения жизнедеятельности

первых экипажей МКС. Запуск служебного модуля «Звезда», планировавшийся на конец 1999 года, мог быть осуществлен только на РН «Протон». Расследование причин аварии РН «Протон» 5 июля и 27 октября 1999 года приобрело особое значение.

Аварийной комиссией, которую возглавил директор ЦНИИмаша академик В.Ф. Уткин, в течение ноября и декабря 1999 года были проанализированы 27 вариантов возможных причин аварий, поняты причины аварий, разработаны мероприятия, исключающие повторение подобных аварий РН «Протон». В конце декабря 1999 года аварийная комиссия завершила работу. Владимир Федорович подписал заключение аварийной комиссии. В соответствии с рекомендациями аварийной комиссии даны указания реализовать комплекс мероприятий, которые необходимо было провести на Воронежском машиностроительном заводе по двигателям 2-й и 3-й ступеней РН «Протон», на головном изготовителе РН «Протона» заводе ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, на космодроме Байконур в целях обеспечения безаварийного запуска служебного модуля «Заря» для его последующей стыковки к связке «Заря–Node».

В декабре 1999 года генеральный директор Росавиакосмоса Ю.Н. Коптев и администратор НАСА Д.С. Голдин поручили сопредседателям Совместной комиссии Уткина–Стаффорда дать оценку ситуации, возникшей в связи с авариями РН «Протон», и реализации программы МКС.

В период работы аварийной комиссии члены Специальной комиссии НАСА генерала Стаффорда во время телефонных переговоров интересовались ходом работ аварийной комиссии. В средствах массовой информации США появились заявления некоторых влиятельных конгрессменов о возможном прекращении сотрудничества с Россией. Генерал Т.П. Стаффорд проявил естественную озабоченность за результаты работы аварийной комиссии.

Т.П. Стаффорд неоднократно обращался к В.Ф. Уткину в письмах и по телефону с вопросом о ходе работы аварийной комиссии, принимаемых мерах. Обсуждалась ситуация, складывающаяся по выполнению программы МКС. Во время этих контактов (только в декабре таких контактов было 12) В.Ф. Уткин в разговоре с Т. Стаффордом всегда убежденно подчеркивал, что проблема, возникшая с РН «Протон», будет успешно решена, поскольку причины определены, мероприятия продуманы и уже реализовывались. Российский служебный модуль «Звезда», ключевой для российского сегмента и МКС в целом, будет доставлен РН «Протон» на орбиту и состыкован с МКС, что позволит начать пилотируемые полеты экипажей и продолжить реализацию программы МКС.

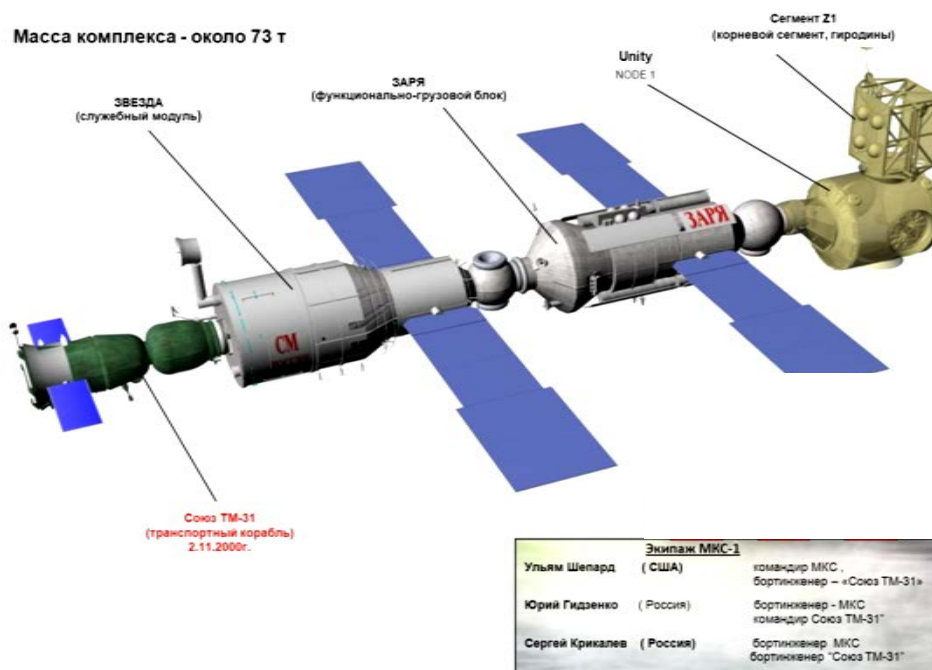
В феврале 2000 года скоропостижно скончался В.Ф. Уткин. Сопредседателем Совместной комиссии с российской стороны стал генеральный директор ЦНИИмаша академик Николай Аполлонович Анфимов. Совместная комиссия КЭС-СК продолжила выполнять задание руководителей Агентств России и США по оценке готовности РН «Протон» к запуску служебного модуля «Звезда», стыковки модуля «Звезда» к связке «Заря–Node1» и готовности первых экипажей к полету на МКС.

В июне 2000 года Совместная комиссия Уткина–Анфимова–Стаффорда провела заседания и дала оценку состояния РН Протон, служебного модуля «Звезда», МКС в составе модулей «Заря» и Node1. Анфимов и Стаффорд представили руководителям Росавиакосмоса и НАСА доклад о готовности к пуску РН «Протон», стыковке служебного модуля «Звезда», первого экипажа МКС-1 к полету и началу работы на Международной космической станции.

12 июля 2000 года был осуществлен пуск РН «Протон», а 26 июля 2000 года произведена стыковка служебного модуля «Заря» к МКС.

2 ноября 2000 года на МКС приступил к работе первый экипаж МКС-1 в составе командира экспедиции Уильяма Шепарда (США), командира корабля «Союз» Юрия Гидзенко (Россия), командира служебного модуля «Звезда» Сергея Крикалёва (Россия).

Конфигурация международной космической станции МКС (2.11.2000)



Всего с января 1995 года по февраль 2000 года Совместной комиссией Уткина–Стаффорда проведена 31 сессия, включая пленарные заседания в полном составе и в составе рабочих групп. Более 100 вопросов проблемного характера были совместно рассмотрены, даны соответствующие оценки и разработаны рекомендации по выполнению контролирующих функций. По итогам обсуждения брифингов и посещений производственных площадок Совместной комиссией подготовлены доклады и представлены руководителям агентств России и США.

В декабре 2014 года исполнилось 20 лет деятельности российско-американской Совместной комиссии по программам «Мир–Шаттл», «Мир–НАСА» и Международной космической станции. Усилия Совместной комиссии Уткина–Стаффорда внесли вклад в успешное завершение РКА и НАСА Фазы 1 Программы МКС, а также в решении многих других проблемных вопросов по Фазе 2 Программы МКС. Деятельность российско-американской Совместной комиссии остается востребованной и сегодня, продолжается ее работа над рекомендациями в сфере безопасности, готовности к полетам и реализации планов по снижению риска реализации Программы МКС, приобретенный ранее опыт используется также для оценки будущих полетов.

Традиции Совместной комиссии, заложенные в период деятельности ее сопредседателей академика В.Ф. Уткина и генерала Т.П. Стаффорда, продолжают в деятельности ее преемников сопредседателей Анфимова–Стаффорда (2000–2010 гг.), Райкунова–Стаффорда (2011–2014 гг.), Мильковского–Стаффорда (с 2014 года по настоящее время).

Л.П. ВАСИЛЬЕВ

*кандидат технических наук, исполнительный секретарь
Консультативно-экспертного совета РКА (1995–2010 гг.)*

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Состав КЭС под председательством В.Ф. Уткина. Утвержден Ю.Н. Коптевым 14.02.1995 г., 14.02.1997 г., 27.10.1999 г.
- [2] Положение о Консультативно-экспертном совете РАКА по проблемным вопросам Международной космической станции. Утверждено Ю.Н. Коптевым 09.09.1999 г.
- [3] Положение о КЭС и СК от 11.09.1995 г. Утверждено Ю.Н. Коптевым 16.09.1995 г. и Д.С. Голдиным 01.12.1995 г.
- [4] Первый совместный отчет Совместной комиссии Уткина–Стаффорда, июнь 1996 г.
- [5] Итоговый совместный отчет по Фазе 1 Совместной комиссии Уткина–Стаффорда, август 1999 г.

80 ЛЕТ В.В. ГОРБАТКО

V.V. Gorbatko 80-Year Anniversary



3 декабря 2014 года исполнилось 80 лет со дня рождения Виктора Васильевича Горбатко, летчика-космонавта первого набора в отряд космонавтов, дважды Героя Советского Союза.

Свой первый космический полет Виктор Васильевич выполнил с 12 по 17 октября 1969 года в качестве инженера-исследователя космического корабля «Союз-7» вместе с А.В. Филипченко и В.Н. Волковым. Экипаж корабля принимал участие в первом групповом полете трех космических кораблей (совместно с КК «Союз-6» и «Союз-8»), во время которого проводилось их сближение и маневрирование. Продолжительность полета составила 4 суток.

После первого космического полета Виктор Васильевич проходил подготовку к полетам на орбитальной станции военного назначения «Алмаз».

Второй космический полет В.В. Горбатко совершил с 7 по 25 февраля 1977 года в качестве командира космического корабля «Союз-24» и орбитальной станции «Салют-5» вместе с Ю.Н. Глазковым по программе «Алмаз». Продолжительность полета составила 17 суток.

В третий раз Виктор Васильевич совершил космический полет с 23 по 31 июля 1980 года в качестве командира международного экипажа КК «Союз-37»

(посадка на КК «Союз-36») по программе экспедиции посещения орбитальной станции «Салют-6» вместе с Фам Туаном (Социалистическая республика Вьетнам). На станции работал вместе с Л.И. Поповым и В.В. Рюминым. Продолжительность полета составила 7 суток.



В.В. Горбатко во время подготовки к космическому полету, 1969 г.

Общая продолжительность трех полетов – 30 суток 12 часов 48 минут.

Виктор Васильевич Горбатко был командиром отряда космонавтов ЦПК имени Ю.А. Гагарина. В 1982 году покинул отряд космонавтов в связи назначением на новую должность.



В.В. Горбатко
в ЦПК имени Ю.А. Гагарина

Затем проходил службу в качестве начальника факультета Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н.Е. Жуковского. Занимался общественной работой. Являлся президентом Общества друзей Монголии, председателем центрального правления Союза филателистов СССР, народным депутатом СССР (1989–1992 гг.).

С 1992 года генерал-майор авиации В.В. Горбатко в запасе. С 2009 года – почетный президент Союза филателистов России.

В настоящее время юбиляр активно участвует в пропаганде достижений отечественной ракетно-космической техники, в патриотическом воспитании молодежи.

Дорогой Виктор Васильевич, руководство и сотрудники ЦПК имени Ю.А. Гагарина, отряд космонавтов сердечно поздравляют Вас с юбилеем и желают Вам крепкого здоровья, долголетия, семейного счастья и благополучия!

80 ЛЕТ Б.В. ВОЛЫНОВУ**В.В. Volynov
80-Year Anniversary**

18 декабря 2014 года исполнилось 80 лет со дня рождения Бориса Валентиновича Волынова, летчика-космонавта первого набора в отряд космонавтов, дважды Героя Советского Союза.

Первый космический полет Борис Валентинович совершил с 15 по 18 января 1969 года в качестве командира космического корабля «Союз-5». Стартовал вместе с А.С. Елисеевым и Е.В. Хруновым, которые после осуществления первой в мире стыковки двух пилотируемых кораблей перешли через открытый космос в КК «Союз-4», пилотируемый В.А. Шаталовым. Это был очередной этап советской лунной программы. Продолжительность полета составила трое суток.

При возвращении на Землю возникла серьезная нештатная ситуация – неотделение приборного отсека от спускаемого аппарата корабля. По этой причине спуск был баллистический, с перегрузками около 10 g. Корабль при торможении начал вращаться, и был риск закрутки парашюта. Но высочайший профессионализм и личное мужество Бориса Валентиновича помогли ему справиться с поставленной задачей.



Б.В. Волынов и Ю.А. Гагарин на Чкаловском аэродроме

Второй полет Б.В. Вольнов совершил с 6 июля по 24 августа 1976 года в качестве командира КК «Союз-21» и первой экспедиции орбитальной станции «Салют-5» по программе «Алмаз» вместе с В.М. Жолобовым. За время космического полета была получена обширная и ценная научная информация о физических характеристиках атмосферы Земли. На борту орбитальной станции «Салют-5» были проведены исследования, показавшие, как протекают различные физические процессы и технологические операции в условиях невесомости. Общая продолжительность полета составила 49 суток.



Б.В. Вольнов во время тренировки на тренажере КК «Союз», 1968 г.

После возвращения на Землю Борис Валентинович на протяжении долгих лет возглавлял отряд космонавтов ЦПК имени Ю.А. Гагарина.

С 1990 года полковник Б.В. Вольнов уволен в запас по возрасту. Борис Валентинович установил абсолютный мировой рекорд – 30 лет службы в отряде космонавтов.

В настоящее время юбиляр активно участвует в пропаганде достижений отечественной ракетно-космической техники, в патриотическом воспитании молодежи.

Дорогой Борис Валентинович, руководство и сотрудники ЦПК имени Ю.А. Гагарина, отряд космонавтов сердечно поздравляют Вас с юбилеем и желают Вам крепкого здоровья, долголетия, семейного счастья и благополучия!

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

SCIENTIFIC-INFORMATION SECTION

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

10–12 ноября 2015 года, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

XI International Scientific and Practical Conference “Manned Space Missions”

November 10–12, 2015,

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

Уважаемые коллеги!



Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» 10–12 ноября 2015 года в Звездном городке проводит XI Международную научно-практическую конференцию «Пилотируемые полеты в космос», посвященную 55-летию образования Центра подготовки космонавтов и отряда космонавтов.

Цель конференции – оценка современного уровня исследований и практических результатов в области создания и применения пилотируемых космических аппаратов, отбора, подготовки, профессиональной деятельности космонавтов на борту пилотируемых космических аппаратов и послеполетной реабилитации. В ходе открытого диалога планируется обсудить:

- проблемы пилотируемой космонавтики и определить возможные пути их решения;
- перспективы развития мировой и отечественной космонавтики;
- задачи популяризации достижений отечественной пилотируемой космонавтики среди молодежи.

Программой конференции предусмотрена работа по следующим научным направлениям:

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

Секция 2. Профессиональная деятельность космонавтов.

Подсекция 2.1. Профессиональная деятельность космонавтов (отбор, подготовка, космический полет).

Подсекция 2.2. Новые информационные технологии в подготовке космонавтов.

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

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

Подсекция 4.1. Технические средства для подготовки космонавтов.

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

Подсекция 4.3. Внекорабельная деятельность.

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

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

Научная программа конференции предусматривает:

- пленарное заседание;
- секционные заседания;
- стендовые доклады;
- научные дискуссии в форме «круглого стола» на тему «Настоящее и будущее пилотируемой космонавтики»;
- выставку «Пилотируемая космонавтика: настоящее и будущее»;
- встречи с космонавтами.

Для участия в конференции приглашаются ученые, инженеры, специалисты и студенты, а также все, кто проявляет интерес к пилотируемой космонавтике.

С уважением,
летчик-космонавт РФ, Герой РФ,
начальник Центра подготовки космонавтов,
доктор технических наук



Ю.В. Лончаков

**16-я ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ЛЕТЧИКОВ-ИСПЫТАТЕЛЕЙ, КОСМОНАВТОВ,
ИНЖЕНЕРОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ
АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВ-УЧАСТНИКОВ СНГ**

пгт. Новый Свет, Крым, РФ, 25 сентября–5 октября 2014 года

**16th Annual International Scientific Conference for Test Pilots, Astronauts,
Engineers and Aerospace Industry of CIS Member States**
Novy Svet, Krym, Russia, September 25–October 5, 2014

С 25 сентября по 5 октября 2014 года на базе филиала ОАО «ЛИИ им. М.М. Громова» в специализированном санатории-профилактории «Полет» (пгт. Новый Свет, Крым, Россия) прошла 16-я ежегодная Международная научно-практическая конференция летчиков-испытателей, космонавтов, инженеров и специалистов авиационно-космической промышленности государств-участников СНГ «Роль и значение авиации и космонавтики в освоении воздушного и космического пространства в третьем тысячелетии».

На конференции были рассмотрены актуальные проблемы развития авиационно-космической отрасли России и стран СНГ, обеспечения безопасности космических полетов и полетов самолетов, вопросы обмена опытом, истории развития космонавтики и авиации, образовательной составляющей деятельности предприятий отрасли.

В работе конференции приняли участие около 40 специалистов из организаций и предприятий авиационно-космической отрасли России и Казахстана.

На открытии конференции 26 сентября 2014 года были зачитаны приветственные адреса от различных организаций, в том числе и приветствие от начальника ЦПК Героя РФ Ю.В. Лончакова.

В соответствии с программой были проведены выездные заседания конференции в городах Симферополь, пос. Октябрьское (встреча с представителями городской администрации и ветеранами 943-го морского ракетно-носного Краснознаменного Констанцского авиационного полка), Феодосия (встреча с ветеранами ВВС СССР, посещение горы Клементьева – родины отечественного планеризма) и Алупка (совместно с администрацией города в музее заслуженного летчика-испытателя СССР Амет-хана Султана).

От Центра подготовки космонавтов на конференции с докладами выступили:

– начальник тренажерного отделения 2 управления О.Е. Захаров, специалист тренажерного отделения Ю.О. Веденина: «Использование различных технологий обучения и профориентации слушателей на примере молодежного образовательного Космоцентра ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»;

– инженер 30 отдела А.В. Водяникова: «Перспективы развития тренажеров с силокомпенсирующими системами обезвешивания для имитации невесомости и пониженной весомости».

Также в работе конференции принял участие летчик-космонавт РФ, Герой РФ А.А. Иванишин.

По результатам конференции было принято решение, в одном из пунктов которого записана рекомендация Роскосмосу о более широком использовании образовательных возможностей Космоцентра как профориентационной площадки отрасли.

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ТЕХНИКЕ
И ОБРАЗОВАНИИ»**

Абхазия, 22 сентября–4 октября 2014 года

**The X International Scientific and Technical Conference
"Information Technologies in Science, Engineering and Education"
Abkhazia, September 22–October 4, 2014**

С 22 сентября по 4 октября 2014 года в г. Пицунде (Абхазия) проходила юбилейная X Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, технике и образовании», посвященная 80-летию со дня рождения первого космонавта планеты Юрия Гагарина.

Конференция проходила под председательством доктора физико-математических наук, профессора, вице-президента Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки РФ, члена Международной ассоциации авторов научных открытий, почетного профессора Шанхайской Аэрокосмической академии Юрия Васильевича Кубарева.

В оргкомитет по подготовке и проведению юбилейной конференции вошли известные российские и абхазские ученые, руководители и представители крупных организаций, таких как Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова, Федеральное космическое агентство, Российская академия ракетных и артиллерийских наук, ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», Министерство образования и науки РФ, Федерация космонавтики России, Московский государственный университет приборостроения и информатики, Абхазский государственный университет, ГНПО «Сухумский физико-технический институт», Московский институт электронной техники.

На пленарном заседании Ю.В. Кубарев в своем выступлении отметил, что в течение десяти лет ученые приезжают на конференцию в Абхазию для решения трех важнейших проблем: оказать помощь ученым Абхазии, собрать большое количество ученых разных профилей для обмена знаниями в разных областях и укрепить здоровье ученых-участников конференции.

Следует отметить высокий научный уровень проведения конференции. Большинство участников конференции – доктора наук, профессора. Среди них – лауреаты государственных премий СССР и Российской Федерации, члены Академии наук Абхазии. В мероприятии принимали участие более ста инженеров, конструкторов, видных ученых, которые в рамках научной конференции выступали с докладами. Доклады представляли не только именитые ученые, но и молодые специалисты.

В рамках конференции была проведена работа по следующим секциям: «Физика, материаловедение», «Ракетно-космическая техника», «Экономика, управление и информатика» и другие. На секциях «Космонавтика» и «Электрореактивные двигатели» были представлены доклады о перспективах создания космических транспортных систем для полетов к Луне, Марсу и другим объектам солнечной системы. Были рассмотрены и другие перспективные направления развития науки, техники и образования.

ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» был представлен сотрудниками 1-го управления А.А. Митиной, 2-го управления М.Б. Мельниковым, 5-го управления Е.В. Поповой и О.А. Лукьяновой. Их доклады вызвали живой интерес и активно обсуждались участниками конференции.

29 сентября в работе конференции отмечался День науки Абхазии. В тот день в городе Сухум в Абхазском государственном университете было проведено пленарное заседание, на котором выступили известные люди Абхазии и России и участники конференции.

Генеральный директор научно-производственного объединения «Сухумский физико-технический институт» Академии наук Абхазии Анатолий Марколия в своем выступлении отметил, что вопреки многим трудностям послевоенных лет, удалось разрушить стереотипы путем создания международной научной площадки. Конференция изначально имела, кроме научного, и политический аспект в тот период, когда официальные российские власти еще не признали независимость Абхазии. Конференция работала на укрепление мира, на поддержку и восстановление научного потенциала тогда еще непризнанной республики.

30 сентября участники конференции приняли участие в праздничных мероприятиях по случаю Дня независимости республики Абхазия.

В юбилейный год проведения научной конференции Юрий Васильевич Кубарев отметил труды ее участников наградами и почетными грамотами.

Председателя оргкомитета и троих участников конференции приказом министра обороны РФ наградили медалью «За укрепление боевого содружества». В 2008 году независимость республики Абхазия была признана Россией. В этом признании присутствует и вклад участников научной конференции «Информационные технологии в науке, технике и образовании», проводимой ежегодно с 2005 года.

**XXXIX АКАДЕМИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ ПО КОСМОНАВТИКЕ,
ПОСВЯЩЕННЫЕ ПАМЯТИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА
И ДРУГИХ ВЫДАЮЩИХСЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ –
ПИОНЕРОВ ОСВОЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА, –
«КОРОЛЁВСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

г. Москва, 27–30 января 2015 года

**XXXIX Academic Conference on Astronautics Dedicated to the Memory
of Academician S.P. Korolev and Other Outstanding Domestic Scientists –
the Pioneers of Space Exploration**

Moscow, January 27–30, 2015

В период с 27 по 30 января 2015 года в МГТУ им. Н.Э. Баумана прошли XXXIX Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика Сергея Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства.

Открылись чтения пленарным заседанием, на котором участников чтений поприветствовал ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана А.А. Александров. Он рассказал о творческом и научном потенциале университета, а также о существующих контрактах с предприятиями отрасли, перспективах развития этого сотрудничества в интересах пополнения кадрового состава молодыми специалистами, готовыми решать самые амбициозные задачи.

К собравшимся обратился статс-секретарь – заместитель руководителя Федерального космического агентства Д.В. Лысков, который рассказал о достижениях российской космонавтики в 2014 году, сделав акцент на развитии такого перспективного направления, как наноспутники. Была отмечена ведущая роль России в освоении космического пространства.

О перспективах развития космодрома «Восточный», его значения для будущего отечественной космонавтики и развития Дальнего Востока страны рассказал в своем докладе главный ученый секретарь научно-технического совета Федерального космического агентства А.Г. Милованов.

По традиции с напутственным словом обратилась почетный гость – Н.С. Королёва. В числе почетных гостей на пленарном заседании также присутствовала дочь Б.В. Раушенбаха – одного из соратников С.П. Королёва. О работе и заслугах Б.В. Раушенбаха в год его столетия собравшимся рассказал академик РАН, первый заместитель генерального конструктора, главный конструктор бортовых и наземных комплексов управления и систем ОАО «РКК «Энергия» Е.А. Микрин.

В рамках чтений обсуждались следующие темы:

- научное наследие пионеров освоения космического пространства и конструкторские школы ракетно-космической техники;
- фундаментальные проблемы космонавтики и состояние развития отдельных ее направлений;
- место космонавтики в решении вопросов социально-экономического и стратегического развития современного общества;
- гуманитарные аспекты космонавтики;
- исследования по истории космической науки и техники.

В чтениях приняли участие: Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, РКК «Энергия» имени С.П. Королёва, НПО «Энергомаш» им. академика В.П. Глушко, «НПО Машиностроения ВПК», Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева, Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, Исследовательский центр имени М.В. Келдыша, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, НПО им. С.А. Лавочкина, Центральный аэрогидродинамический институт, ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, Институт медико-биологических проблем РАН, Научно-исследовательский институт химического машиностроения; ведущие вузы страны – Московский государственный авиационный институт (технический университет) «МАИ», Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; общественные организации – Российская академия космонавтики имени К.Э. Циолковского и Ассоциация музеев космонавтики.

На десятой секции с докладом «Центру подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина 55 лет – этапы развития» выступил начальник управления, д.т.н. А.А. Курицын (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»). В выступлении говорилось о становлении и развитии отечественной системы отбора и подготовки космонавтов, начиная с первого набора и до наших дней. Дана оценка современному состоянию российской системы отбора и подготовки космонавтов, стоящими перед ней проблемами и путями их совершенствования.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

INFORMATION FOR AUTHORS AND READERS

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») инициировало издание научного журнала «Пилотируемые полеты в космос» по широкому кругу проблем, связанных с тематикой пилотируемых полетов в космос. В журнале публикуются работы в области: обеспечения пилотируемых космических программ; научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области изучения космического пространства и создания космической техники; отбора, подготовки деятельности и послеполетной реабилитации космонавтов; безопасного пребывания космонавтов на орбите, а также теории конструирования и технологии летательных аппаратов, двигателей; вычислительных систем; экспериментальных исследований; дистанционного зондирования Земли, информационных спутниковых технологий; проблем нанотехнологий для авиа- и аэрокосмических систем.

Приглашаются к сотрудничеству ученые различных областей.

Приглашаются начинающие авторы. Конструктивная и доброжелательная критика специалистов на страницах журнала призвана способствовать повышению уровня и качества работ начинающих исследователей, стимулировать приток свежих сил в сложнейшую отрасль мировой науки и техники.

<http://www.gctc.ru>

Вниманию авторов

Авторы присылают подготовленные к изданию работы и экспертное заключение на них. Необходима качественная распечатка (лазерный принтер) на хорошей белой бумаге и пересылка по электронной почте. Предоставляемые для публикации материалы должны строго соответствовать нижеперечисленным требованиям. Статья объемом от 5 до 15 страниц должна быть **тщательно отредактирована**. Работы принимаются в текстовом редакторе Microsoft Word версии 97–2007.

1. Предоставляемый материал (статья) должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

2. Статья научного характера должна иметь следующие обязательные элементы:

- постановку задачи (вопрос, на который дается ответ в статье);
- анализ существующих методологических подходов к решению данной задачи;
- исследовательскую часть;
- систему доказательств и научную аргументацию;
- список цитируемой литературы.

Статья должна быть написана языком, понятным не только специалистам в данной области, но и широкому кругу читателей.

3. Первая страница текста должна содержать следующую информацию:

- УДК;
- заглавие статьи;

- имя, отчество, фамилию автора(ов);
- сведения об авторе/авторах: должность, место работы, ученое звание, ученая степень, домашний адрес (с индексом), контактные телефоны (раб., дом.), адрес электронной почты;
- аннотацию к статье (3–10 строк);
- ключевые слова по содержанию статьи (8–10 слов), которые размещаются после аннотации.

4. В конце статьи приводится список цитируемой литературы в алфавитном порядке (сначала литература на русском языке, затем на иностранном) по ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

Параметры страницы

В диалоге «Файл – Параметры страницы» используется размер бумаги формата А4, ориентация листа книжная. Поля: верхнее и нижнее – 4,82 см; левое и правое – 4,25 см. В тексте статьи необходимо установить автоматический перенос слов.

Заголовок

В левом углу проставляется УДК (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 10 пунктов).

Название статьи набирается прописными буквами (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 11 пунктов, полужирный), выравнивание по левому краю.

Инициалы, фамилия автора(ов) размещаются после названия статьи по левому краю (шрифт «Times New Roman», размер шрифта – 11 пунктов).

Аннотация и ключевые слова

Текст аннотации и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 9 пунктов) оформляется с отступом от левого края – 1,25 см. Ключевые слова печатаются после аннотации, начиная словом «Ключевые слова» с прописной буквы (шрифт полужирный); двоеточие; затем идет перечисление ключевых слов через запятую (шрифт «Times New Roman» – обычный), выравнивание по ширине.

На английском языке повторить название статьи, инициалы и фамилию автора(ов) (шрифт «Times New Roman», 10 пунктов, полужирный). Оформляется с отступом от левого края – 1,25 см, выравнивание по ширине.

На английском языке повторить аннотацию статьи и ключевые слова (шрифт «Times New Roman», 9 пунктов, обычный), выравнивание по ширине.

Основной текст

Основной текст статьи на русском языке, используется шрифт «Times New Roman», 10 пунктов, интервал между строками «одинарный». Отступы в начале абзаца – 0,8 см. Иллюстрации – в компьютерном исполнении (рисунок в Word, файлы с расширением – .bmp, .jpg, .gif) с возможностью их редактирования. Рисунки размещаются в тексте. Формулы печатаются в редакторе Microsoft Equation. Таблицы, схемы, рисунки и формулы в тексте должны нумероваться; схемы и таблицы должны иметь заголовки, размещенные над схемой или полем таблицы, а каждый рисунок – подрисуночную подпись. Рисунки, диаграммы, схемы, таблицы делать в черно-белом варианте, если цвет на них не несет нагрузку.

Список литературы

Набирается шрифтом «Times New Roman», 9 пунктов, интервал между строками «одинарный». Библиографические ссылки оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления».

За автором сохраняется право копирования своей публикации.

Статьи, предназначенные для публикации в журнале, должны быть поданы в двух экземплярах. На первом экземпляре располагается подпись автора статьи. Статьи направляются по указанному ниже адресу или тому члену редакционного комитета, который, по мнению автора, наиболее близок к теме работы.

Материалы, предоставленные для публикации в редакцию журнала, авторам не возвращаются.

Статьи, оформленные без учета вышеизложенных правил, к публикации не принимаются.

Вниманию читателей

Редакционная коллегия журнала не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи. Редколлегия вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или же общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи сообщается автору, который представил статью, специалистам, давшим рекомендации, и организации, где работа выполнялась.

To the Attention of Readers

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

Наши координаты для контактов

(по вопросам публикации, рекламы, и деловых предложений)

Кальмин Андрей Валентинович (организационные вопросы)

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

Факс: 8 (495) 526-26-12

Электронный вариант научного журнала «Пилотируемые полеты в космос» выполнен в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Содержание журнала, аннотации, ключевые слова, сведения об авторах размещены на сайте <http://www.gctc.ru>. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) <http://elibrary.ru>

ДЛЯ ЗАМЕТОК

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

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

Подписано в печать 12.03.15.
Формат 70x108/16. Бумага ксероксная.
Усл. печ. л. 11,73. Тираж 120 экз. Зак. 907-14.

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