



ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЁТЫ В КОСМОС

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XV МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ
ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ имени Ю.А. ГАГАРИНА»

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС

Материалы
XV Международной
научно-практической конференции
15–17 ноября 2023 года

Звездный городок
2023

УДК 629.78(09)
ББК 39.68
П324

15–17 ноября 2023 года в Звездном городке проводится XV Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос».

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.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

РОЛЬ НИИ ЦПК ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА В РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ РОССИЙСКОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

Харламов М.М.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Госкорпорацией «Роскосмос» в 2022 г. утверждена Концепция российской пилотируемой космонавтики (далее – Концепция) до 2050 года в основе которой лежит переход от освоения низких околоземных орбит (НОО) к исследованию, освоению и использованию более отдаленного от Земли космического пространства. Для этого необходимо решить основные практические задачи, связанные с созданием перспективного космического комплекса для полетов к Луне, развертыванием отечественной пилотируемой околоземной орбитальной станции, разработкой средств межорбитальной транспортировки, проведением целевых научных исследований, необходимых для полетов в дальний космос [1].

Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина в настоящее время является в Российской Федерации головной научно-исследовательской испытательной организацией в части отбора и подготовки космонавтов, разработки и модернизации средств подготовки космонавтов, оценки безопасности экипажей на борту пилотируемых космических комплексов (ПКК), эргономической экспертизы ПКК. Именно в рамках обеспечения развития этих важнейших направлений и необходимо рассматривать роль Центра в реализации Концепции.

Эффективная реализация перспективных пилотируемых программ на первый план выдвигает новые задачи и требования к НИИ ЦПК по дальнейшему развитию и совершенствованию существующей системы отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов, разработке тренажно-стендовой базы Центра с использованием современных компьютерных и информационных технологий, проведению фундаментальных и прикладных научных исследований и экспериментов важнейших направлений профессиональной деятельности космонавтов, а также оценки и путей повышения безопасности экипажей ПКК.

Исходя из имеющегося отечественного и зарубежного опыта отбора космонавтов и астронавтов систему профессионального отбора для обеспечения перспективных пилотируемых проектов, в том числе и по лунной программе, предлагается строить на принципах адаптации существующей системы пролонгированного отбора, обеспечивающего непрерывное изучение состояния и уровня развития профессионально важных качеств личности космонавта. Кроме того, при отборе космонавтов для полетов на Луну и в окололунное пространство особое значение приобретают методы профессиографического

анализа, процедуры тестирования на естественных и искусственных аналогах условий деятельности космонавтов [2].

Одним из значимых специфических требований к экипажам лунных экспедиций должны быть требования к умению осуществлять ручную посадку космического аппарата (КА) на поверхность Луны. Начиная с 2020 г. в Центре проводятся исследования по оценке возможности управления космонавтами вертолетом в интересах моделирования деятельности экипажей лунных миссий при посадке на Луну [3].

Наличие в НИИ ЦПК тренажеров в совокупности с исследовательскими и моделирующими стендами, средствами для выполнения работ под водой, учебно-тренировочными самолетами, сурдокамерами, барокамерами, центрифугами и многими другими техническими средствами и мультимедийными комплексами позволяет в полной мере подготовить космонавтов для выполнения космических полетов в экстремальных условиях деятельности. В настоящее время, Центр обладает современной медицинской базой, включающей средства оценки состояния здоровья, вестибулярной и ортостатической подготовки, профилактики неблагоприятного воздействия факторов космического полета, подготовки к воздействию перегрузок и измененного состава атмосферы, физической подготовки и послеполетной реабилитации.

Ключевыми факторами модернизации и инновационного развития НИИ ЦПК [4] в интересах обеспечения реализации Концепции, прежде всего, выступают:

- проведение необходимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обеспечение существующих и перспективных программ пилотируемых полетов;

- опережающее создание научно-технического комплекса отбора, подготовки космонавтов и необходимой инфраструктуры в целях обеспечения перспективных пилотируемых космических программ, включая прогнозирование эргономических свойств ПКК на ранних этапах разработки его составных частей, целевой и научной аппаратуры, научно-техническое сопровождение реализации эргономических требований ПКК;

- подготовка высококвалифицированного персонала НИИ ЦПК (инструкторско-преподавательского состава, ученых, медицинских специалистов, психологов и др.);

- нацеленность на безусловное выполнение задач по обеспечению перспективных пилотируемых программ высококвалифицированными космонавтами различных специальностей;

- ориентация на решение перспективных задач пилотируемых полетов: преодоление влияния неблагоприятных факторов космического пространства

при осуществлении длительных полетов, умение выполнять конкретные работы на поверхности планет, парирование нештатных ситуаций в условиях автономного полета (отсутствия помощи с Земли), решение комплекса медико-биологических проблем по обеспечению здоровья и работоспособности экипажа и т. д.;

– тесная интеграция с организациями ракетно-космической промышленности Российской Федерации и зарубежными космическими центрами.

Литература

- [1] Концепция российской пилотируемой космонавтики. – М., 2022. – 18 с.
- [2] Концептуальные подходы к построению системы отбора космонавтов в свете предстоящих задач перспективных пилотируемых программ / Крючков Б.И., Харламов М.М., Усов В.М., Каспранский Р.Р., Королев Л.М., Крылов А.И., Спиринов Е.А., Назин В.Г. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 4(37). – С. 5–27.
- [3] Пути совершенствования профессиональной деятельности космонавтов / Кононенко О.Д. // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 2(43). – С. 6–18.
- [4] 60 лет ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина – задел на будущее / Власов П.Н. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 1(34). – С. 7–26.

РОЛЬ КОСМОНАВТА В ПРОВЕДЕНИИ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Орлов О.И.

(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Харламов М.М., Бабкин А.Н.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Смирнов Ю.И.

(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Ключевой особенностью проведения исследования на борту пилотируемого космического комплекса является выполнение методики эксперимента членом экипажа в условиях, значительно отличающихся от привычных для исследователя-постановщика работы и разработчика научной аппаратуры. Данное обстоятельство может приводить к нарушениям в работе научной аппаратуры, невозможности выполнения членом экипажа определенных операций и, следовательно, к потере научных данных.

В связи с этим, остро стоит вопрос о необходимости проведения совместной экспертизы планируемого в условиях орбитального комплекса исследования членами отряда космонавтов в части реализуемости методики эксперимента в условиях космического полета. В настоящее время первое близкое знакомство космонавтов с исследованием происходит на этапе отработки

бортовой документации, когда уже изготовлены опытные образцы по документации с литерой «О», выпущена методическая документация, соответственно, устранение замечаний космонавта требует дополнительных ресурсов. Целесообразно подключение отряда космонавтов к подготовке исследования на всех этапах жизненного цикла космического эксперимента (целевой работы), определенных Положением ЦР-МКС, включая участие в медико-технических испытаниях, предназначенных для контроля некоторых показателей назначения и отработки эксплуатационной документации. Данное предложение является логическим продолжением положительного опыта, приобретенного постановщиками космических экспериментов и отрядом космонавтов вследствие включения представителей отряда в НТС организаций РАН, а также работы космонавтов в составе отдела специальной экспертизы в области пилотируемой космонавтики НТС Госкорпорации «Роскосмос».

Также целесообразно включение в программу подготовки космонавтов на этапе группы (до назначения в экипаж) отработку типовых процедур иработку навыков, специфических для исследований в области космической биологии и медицины, в условиях, приближенных к космическому полету (например, выделять для этих целей 2–3 режима моделированной невесомости на самолете-лаборатории).

Необходимо также ввести в практику представление результатов медико-биологических исследований, изложенных в экспресс-отчетах, членам экипажа, являющимся непосредственными участниками исследовательских коллективов, выполняющим ключевую, экспериментальную, часть работы в условиях космического полета.

Исходя из вышесказанного, повышение качества медико-биологических исследований на борту пилотируемого космического комплекса может быть обеспечено плотным взаимодействием разработчика технологий в области космической биологии и медицины (ГНЦ РФ – ИМБП РАН) и потребителя (отряда космонавтов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»).

СЕКЦИЯ 1

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ
ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДАТЧИКОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Ризаханов Р.Н., Бармин А.А., Рудштейн Р.И., Магасов М.Д., Ларченков А.С.
(АО ГНЦ «Центр Келдыша», г. Москва)

АО ГНЦ «Центр Келдыша» проводит разработку, изготовление и градуировку чувствительных элементов газоанализаторов для измерения концентрации примесей в газовых средах в разных предметных областях.

Чувствительные элементы используют хеморезистивный принцип детектирования, в основе которого лежит явление изменения электросопротивления тонкопленочного чувствительного материала в результате физико-химического взаимодействия с целевой газовой примесью. В зависимости от решаемой задачи чувствительный материал может быть адаптирован под детектирование различных примесей из широкого типоряда возможных (H_2O , O_2 , CH_4 , CO , CO_2 , H_2 , NH_3 , NO_2 , NO и др.) в среде воздуха, азота и др. При этом основным ограничивающим условием является возможность адсорбционного взаимодействия целевой газовой примеси с материалом сенсора, в связи с чем инертные газы не могут быть детектированы с использованием указанного метода.

В качестве газочувствительного материала используются наноразмерные металлооксидные пленки, модифицированные наноструктурными элементами. Слой газочувствительного материала поддерживается при определенной рабочей температуре (как правило от $+100$ до $+300$ °С).

Отличительными особенностями разрабатываемых сенсоров являются высокая чувствительность (от 1 до 10 000 ppm в зависимости от решаемой задачи), быстрый отклик (от 1 до 100 с в зависимости от концентрационного диапазона), малое энергопотребление (не более 1,5 Вт), малые габариты (не более 10 мм в диаметре) и масса (не более 20 г), а также универсальность в части интеграции с различными газоаналитическими системами, имеющими как портативное, так и стационарное исполнение с возможностью построения сложных пространственно распределенных систем газового мониторинга. На рис. 1,а представлен общий вид корпусированного чувствительного элемента с электрическими выводами; на рис. 1,б – общий вид сенсорной платформы чувствительного элемента с контактными площадками (встречно-штырьевой структурой) для газочувствительной пленки и встроенной системой термостабилизации (содержащей нагревательный элемент и температурный датчик). На рис. 1,в приведен отклик хеморезистивного чувствительного элемента (временная зависимость его электросопротивления) на изменение концентрации кислорода в атмосфере азота, полученный в ходе испытаний на газодинамическом стенде. Верхняя граница соответствует концентрации кислорода в азоте,

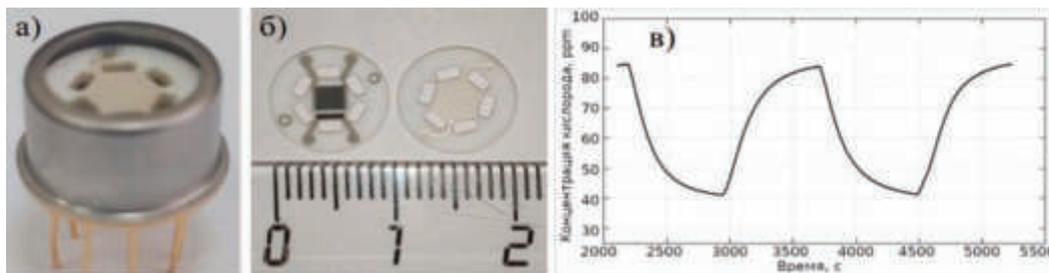


Рис. 1, а) – корпусированный хеморезистивный чувствительный элемент в сборе;
 б) – сенсорная платформа; в) – отклик сенсора на изменение концентрации кислорода
 в атмосфере азота

равной 85 ppm, нижняя – 40 ppm. Время отклика в данном случае определялось скоростью выхода на режим генератора газовой смеси.

Разрабатываемые сенсоры имеют потенциал применения на борту проектируемой Российской орбитальной служебной станции (РОСС) в составе интеллектуальной системы непрерывного мониторинга многокомпонентной газовой среды обитаемой и технической зон, а также наружной сопутствующей газовой среды пилотируемого космического аппарата [1, 2]. Указанная система обеспечит возможность автоматического принятия мер по предотвращению и устранению нештатных и аварийных ситуаций, таких как утечка опасных газов и угроза возгорания бортового оборудования.

Особенностью подхода к детектированию состава многокомпонентной газовой среды, предлагаемого АО ГНЦ «Центр Келдыша», является переход к двухстадийной процедуре измерений, подразумевающей:

1) качественное выявление отклонения состава среды от нормального с высокой степенью локализации области и его классификацию посредством сети стационарно размещенных датчиков для выявления общей динамики изменения состава среды;

2) высокоточное определение концентрации одного из компонентов среды в случае необходимости с использованием переносного портативного газового анализатора в целях контроля за превышением ПДК по выбранному компоненту.

Литература

[1] Григорьев Г.Ю., Лагутин А.С., Набиев Ш.Ш. и др. Мониторинг состава воздуха и воды при длительных и межпланетных космических полетах // Космические исследования. – 2020. – Т. 58. – № 1. – С. 16–26.

[2] ГОСТ Р 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. – М.: Госстандарт России, 1995. – С. 10–27.

ПРОБЛЕМА ЭКСПАНСИИ В КОСМОС, БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ ВНЕ ЗЕМЛИ (ИСТОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ)

Кричевский С.В.

(ФГБУН «ИИЕТ имени С.И. Вавилова РАН», г. Москва)

Введение. Представлены материалы исследований автора по плану НИР в ИИЕТ РАН в 2022–2023 гг., посвященных проблеме экспансии в космос и проблеме истории безопасности полетов. В основе анализ идей, технологий, проектов отечественного и мирового опыта аэрокосмической деятельности в XX–XXI вв., современной ситуации и перспектив. Выделены и кратко рассмотрены 3 взаимосвязанных аспекта: 1) проблема экспансии в космос (новый взгляд и новая постановка); 2) безопасность пилотируемых космических полетов; 3) качество жизни людей вне Земли [1–6].

Проблема экспансии в космос. В развитие идей К.Э. Циолковского, сделан критический анализ «цикла экспансии» (изменения отношения общества в России и мире к экспансии в космос) и опыта в науке и практике за 100 лет. Предложены: новый взгляд и новая постановка проблемы экспансии в парадигме устойчивого освоения космоса для «общего блага» человечества на Земле и в космосе; модель процесса экспансии; проекты создания «пассивных» и «активных» резерваций вне Земли для «обратного заселения» в случае катастрофы на Земле, и дальнейшей экспансии в космос [1–3], [4, с. 12].

Безопасность пилотируемых космических полетов. Накоплены знания и опыт обеспечения безопасности пилотируемых космических полетов (ОБПКП). Но в сравнении с авиацией, в России и мире в космонавтике существует значительное отставание в создании интегрированных отраслевых и международных информационных систем ОБПКП, а также бортовых активных систем ОБПКП (в т. ч. для защиты людей от опасных факторов полета: длительной невесомости, шумов, радиации и др.) [6–12].

Качество жизни людей вне Земли. Имеет чрезвычайно важное значение для ОБПКП, длительной, постоянной, достойной жизни в парадигме экспансии в космос. Качество жизни (КЖ) людей вне Земли, в т. ч. на МКС, сейчас на низком уровне [2, с. 365–379]. Необходимы целенаправленные исследования КЖ для ускоренного внедрения новых экологичных технологий, проектов «активных» резерваций в космосе для экспансии [2–4], [12, 13].

Выводы: 1. Необходимо переосмысление проблемы экспансии человечества в космос, опыта и целей пилотируемых полетов для нового «цикла экспансии». 2. Предлагается организовать в России новые комплексные исследования аспектов безопасности полетов и качества жизни людей вне Земли

в парадигме экспансии в космос, интегральной безопасности, экологичного устойчивого развития, с охватом истории, современной ситуации и перспектив, включая аспекты международного сотрудничества на Земле и в космосе.

Литература

[1] Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами: (переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изменениями и дополнениями). – Калуга: 1-я Гостип. ГСНХ, 1926. – 128 с.

[2] Кричевский С.В. Освоение космоса человеком: Идеи, проекты, технологии экспансии. История и перспективы. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 448 с.

[3] Кричевский С.В. Пора наладить жизнь людей вне Земли // Воздушно-космическая сфера. – 2022. – № 1. – С. 6–17. – DOI: 10.30981/2587-7992-2022-110-1-6-17.

[4] Кричевский С.В. Возвращение домой, в космос. Новый взгляд на проблему экспансии человека во Вселенную // Независимая газета. Приложение «Наука». – 2023. – 12 апреля.

[5] Кричевский С.В. Аэрокосмическая деятельность: междисциплинарный анализ. – М.: КД ЛИБРОКОМ, 2012. – 384 с.

[6] Кричевский С.В. История безопасности полетов: методология, опыт, перспективы // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 8–17. – DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-2-8-17.

[7] Безопасность космических полетов / Г.Т. Береговой, А.А. Тищенко, Г.П. Шибанов, В.И. Ярополов. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.: ил.

[8] Справочник по безопасности космических полетов / Г.Т. Береговой и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 335 с.: ил.

[9] Кричевский С.В. Необходим системный подход // Авиация и космонавтика. – 1992. – № 3–4. – С. 40.

[10] Ключников В.Ю., Шатров Я.Т. Обеспечение безопасности космических полетов за счет функциональной избыточности бортовых агрегатов и систем // Космонавтика и ракетостроение. – 2018. – № 2. – С. 114–124.

[11] Жмеренецкий В.Ф., Полулях К.Д., Акбашев О.Ф. Активное обеспечение безопасности полета летательного аппарата: Методология, модели, алгоритмы. 2-е изд., стер. – М.: ЛЕНАНД, 2021. – 312 с.

[12] Ушаков И.Б. Космос. Радиация. Человек (Радиационный барьер в межпланетных полетах). – М.: Научная книга, 2021. – 352 с.

[13] Юницкий А.Э. Особенности проектирования жилого космического кластера «ЭкоКосмоДом» – миссия, цели, назначение // Безракетная индустриализация космоса: проблемы, идеи, проекты. Сб. материалов II Межд. научно-практич. конференции, 2019. – Минск: «Парадокс», 2019. – С. 51–57.

© Кричевский С.В., 2023

НАСОС-СЕПАРАТОР ДЛЯ КОНДЕНСАТА И ВОДЫ: РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Бобе Л.С., Меньшикова И.Д., Кирюхин А.В., Рыхлов Н.В.,
Павлов А.В., Сальников Н.А.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)
Железняков А.Г., Шамшина Н.А., Запругайло Е.Д.
(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)**

Удаление транспортного воздуха из жидкости является одной из важнейших технических задач в системах водообеспечения космических станций [1]. В качестве способов сепарации газожидкостной смеси в условиях микрогравитации используется разделение в центробежном поле, разделение через пористую гидрофильную мембрану и применение влагоудерживающего материала. Данные способы успешно реализованы в аппаратуре и системах жизнеобеспечения, разработанных АО «НИИхиммаш» и РКК «Энергия».

В задачи, решение которых обеспечивает система водообеспечения на МКС, входит необходимость сепарации жидкости из емкостей типа ЕДВ от имеющихся включений воздуха. Так для подготовки питающей воды для системы получения кислорода «Электрон-ВМ» или смывной воды для систем СПК-У могут использоваться сепаратор циклонного типа, разработанный РКК «Энергия», или установка сепарации (УС), разработанная АО «НИИхиммаш», основанная на использовании мембранного фильтра-разделителя. Однако, эксплуатация циклонного аппарата сопряжена с постоянным присутствием экипажа и постоянным визуальным контролем его работы, а в воде, отсепарированной в УС, с течением времени могут выделяться мелкие пузыри растворенного воздуха в результате работы через мембрану под давлением.

В настоящее время на РС МКС проходит летные испытания опытный образец насоса-сепаратора для конденсата и воды (НС-КВ), разработанный в АО «НИИхиммаш» [2]. Изделие обеспечивает забор газожидкостной смеси из ЕДВ, центробежное отделение жидкости от нерастворенного газа и выдачу жидкости в автоматическом режиме в емкость для дальнейшего использования в системе электролизного получения кислорода или СПК-У.

К основным техническим преимуществам аппарата относятся высокая степень очистки жидкости, продолжительный ресурс работы, малую энергоемкость, значительное упрощение автоматического регулирования работы сепаратора за счет использования гидроавтоматов и отсутствие необходимости присутствия экипажа при работе аппарата.

За период летных испытаний в течение 2020–2023 гг. была подтверждена работоспособность изделия по приему газожидкостной смеси, сепарации

жидкости от газа и выдачи жидкости в условиях микрогравитации. В период с 24.05.2020 г. по 01.08.23 г. аппарат обеспечил получение более 2380 л очищенной воды из запасов, из которых 57 % было передано в систему «Электрон-ВМ» и 22 % в систему СПК-УМ для смывной воды. В режиме сепарации изделие наработало более 120 часов.

Эксплуатация НС-КВ на борту показала, что основным источником пузырей воздуха в ЕДВ остаются воздушные включения, первоначально находившиеся в емкости перед заполнением, и что для получения ЕДВ без воздушных включений в среднем требуется несколько циклов сепарации.

В настоящее время в АО «НИИхиммаш» ведутся работы по модернизации центробежного насоса (ЦНС) в составе НС-КВ. Улучшенный сепаратор позволит обеспечить большую надежность работы изделия и исключить из методики использования ряд операций, что позволит сократить время работы экипажа. Также для снижения затрат времени предложен способ и устройство, позволяющее проводить забор газожидкостной смеси и возврат отсепарированной жидкости в одну и ту же ЕДВ, что позволяет избежать застревание пузырей в складках емкости и, как следствие, дополнительные операции по подготовке ЕДВ.

Литература

[1] Регенерация воды и атмосферы на космической станции: опыт орбитальных станций «Салют», «Мир» и МКС, перспективы развития / Бобе Л.С., Гаврилов Л.И., Кочетков А.А., Курмазенко Э.А., Андрейчук П.О. Зеленчуков А.А., Романов С.Ю., Синяк Ю.Е. // Сб. материалов Междунар. науч. конф. IАС-10.А1.6.6., 27.10.2010. – М., 2010.

[2] Сепарация жидкости от газа в системах водообеспечения космической станции / Бобе Л.С., Кочетков А.А., Кирюхин А.В., Рыхлов Н.В., Павлов А.В., Сальников Н.А., Степин В.Ф., Рукавицин С.Н., Андрейчук П.О., Запругайло Е.Д. // Сб. материалов XIII Междунар. науч.-практ. конференции «Пилотируемые полеты в космос» 13–15 ноября 2019 г. – Звездный городок, 2019. – С. 68–69.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ ПРИЕМА И КОНСЕРВАЦИИ УРИНЫ НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МКС

**Бобе Л.С., Сальников Н.А., Павлов А.В., Рыхлов Н.В., Рукавицин С.Н.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)**

**Шамшина Н.А., Железняков А.Г.
(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)**

На пилотируемых космических станциях, начиная со станции «Мир», и в настоящее время на МКС для приема урины от экипажа, ее консервации и хранения применяется система приема и консервации урины СПК-У. Система

СПК-У в течение многих лет бортовой эксплуатации зарекомендовала себя в качестве удобной и надежной системы, обеспечивающей качественные условия обитания экипажей. Работа системы заключается в транспортировании урины потоком воздуха, отделении ее от воздуха в центробежном сепараторе, консервации урины жидким консервантом с последующей ее транспортировкой на хранение в емкости типа ЕДВ. Законсервированная урина может храниться более года без изменения своего состава. В штатном варианте собранная консервированная урина подается в систему регенерации воды из урины российского и американского сегментов [1, 2]. Регенерированная из урины вода может использоваться для технических целей, а после прохождения через систему регенерации воды из конденсата атмосферной влаги – в качестве питьевой воды.

На сегодняшний день на Международной космической станции функционирует три системы СПК-У: две на российском и одна на американском сегментах [3]. С начала эксплуатации МКС на 30 июня 2023 года в системе СПК-У служебного модуля обеспечен прием и консервация 28 700 л урины; в системе СПК-У многофункционального лабораторного модуля с момента его запуска в 2021 году – 890 л урины. При этом среднее значение удельных затрат массы на эксплуатацию систем СПК-У (без учета смывной воды) составляет 0,07–0,08 кг/л законсервированной урины. Смывная вода вносит значительный вклад в затраты массы на эксплуатацию системы (0,22 кг на литр урины), поэтому принципиальным моментом является проведение регенерации воды из урины, которая позволит снизить потребность в воде в 6–7 раз.

В связи с переходом на новую элементную базу и изменением кооперации возникла необходимость обновления и модернизации оборудования СПК-У, в связи с чем с 2019 по 2021 годы проведена разработка новых блоков системы приема и консервации урины. Разработана емкость для консерванта бесшовной конструкции, насос-сепаратор и пульт управления. При разработке нового оборудования учтен многолетний опыт эксплуатации системы СПК-У на станциях «Мир» и МКС, что позволило увеличить ресурс работы оборудования, снизить затраты массы и подготовить оборудование к применению на перспективных станциях.

В 2023 году новая емкость для консерванта прошла летные испытания и подтвердила свою работоспособность в условиях микрогравитации. Планируются летные испытания насоса-сепаратора и пульта управления новой конструкции. Сейчас в системе СПК-У отвод жидкости из насоса-сепаратора осуществляется по сигналам датчиков давления через электромагнитный клапан. В новом насосе-сепараторе предполагается отработка двух схем отвода жидкости: по сигналам датчиков через электромагнитный клапан и через гидроав-

томат, применение которого позволит управлять отводом жидкости гидравлически посредством обратной связи и не задействовать сложное электрическое управление. Новый пульт управления будет предоставлять экипажу больше информации о работе системы в режиме реального времени, что повысит удобство контроля функционирования системы, уменьшит время, затрачиваемое экипажем на проведение технического обслуживания и выявление причин нештатных ситуаций.

В перспективе в системе СПК-У предполагается отказаться от использования смывной воды, что позволит снизить расход воды на станции на 0,35 кг/чел.·сут. при отсутствии СРВ-У и на 0,05 кг/чел. сутки при наличии СРВ-У. При этом необходимо проведение исследований и отработки процесса регенерации воды из урины с консервантом без использования смывной воды.

В докладе представлены основные результаты эксплуатации систем приема и консервации урины на российском сегменте МКС, а также направления, предпринятые шаги и ожидаемые результаты модернизации данных систем, результаты испытаний нового оборудования.

Литература

[1] Результаты работы систем СРВ-К2М и СПК-УМ на МКС / Бобе Л.С., Кочетков А.А., Меньшикова И.Д., Павлов А.В., Рыхлов Н.В., Сальников Н.А., Андрейчук П.О., Железняков А.Г., Запругайло Е.Д., Шамшина Н.А. // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, ноябрь 2021. – С. 70–72.

[2] Прием и консервация урины на МКС: статус и перспективы / Сальников Н.А., Бобе Л.С., Рыхлов Н.В., Рукавицын С.Н., Андрейчук П.О. // Тезисы 21-й Международной конференции «Авиация и космонавтика». – Москва, ноябрь 2022. – С. 349–350.

[3] Результаты эксплуатации систем водообеспечения РС МКС при экспедициях МКС-1–МКС-54 / Бобе Л.С., Кочетков А.А., Рыхлов Н.В., Меньшикова И.Д., Андрейчук П.О., Железняков А.Г., Синяк Ю.Е. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2018. – Т. 52, № 7. – С. 30–31.

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ГРУППИРОВКИ МЧС РОССИИ В ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ ЭКИПАЖЕЙ СПУСКАЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПРИ ИХ ПРИЗЕМЛЕНИИ В ЗОНАХ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И НАВОДНЕНИЙ

**Козлов В.И., Пеньков И.А., Коренкова О.А.
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха)**

Организация поиска и эвакуации с места посадки космонавтов и спускаемых космических объектов или их аппаратов (КА), а также контроль поисково-спасательного обеспечения полетов космических объектов осуществляется

в соответствии с «Положением по организации поисково-спасательного обеспечения полетов космических объектов» [1].

При штатной посадке спускаемого аппарата (СА) известны все параметры, в том числе предполагаемый район посадки, но в случае необходимого срочного спуска во время орбитального полета Международной космической станции, данные о районе посадки передаются из главной оперативной группы управления Центра управления полетами в главный авиационный координационный центр поиска и спасания не позднее, чем за 90 минут до раскрытия основной парашютной системы спускаемого аппарата.

В последние годы на территории нашей страны периодически происходят чрезвычайные ситуации, связанные с лесными пожарами и наводнениями крупных масштабов. Случайное совпадение места аварийного приземления спускаемого аппарата при возникновении нештатной ситуации, связанной с отклонением от заданной траектории спуска, с зоной крупного лесного пожара приведет к возникновению трудностей при проведении поисковых и аварийно-спасательных работ экипажа спускаемого КА.

Наводнения крупных масштабов с подтоплениями отдельных территорий также могут вызвать трудности и стать причиной гибели экипажа СА. Еще проводимые в 1970–1980-е годы эксперименты показали, что затопление капсулы идет интенсивно – у экипажа есть всего 8–9 минут, чтобы покинуть СА и спастись [2].

Отдельно стоит отметить, что на сегодняшний день для минимизации риска и гибели спасателей и пожарных, а так же для расширения решаемых задач и скорости выполнения проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения в МЧС России применяется робототехника в различных средах: наземные, воздушные и подводные. В реагирующих подразделениях МЧС России сосредоточены разнообразные робототехнические комплексы и средства, среди которых 1561 единица воздушных беспилотных авиационных средств вертолетного и самолетного типов, 72 единицы наземных робототехнических комплексов различных классов, а также 16 единиц телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов, применение которых при поисково-спасательных операциях, правильной и своевременной организации поиска и эвакуации с места посадки космонавтов и спускаемых космических объектов, может значительно снизить время обнаружения, и в случае необходимости провести неотложные аварийно-спасательные работы или пожаротушение в дистанционном режиме [3].

Для поиска и эвакуации с места посадки космонавтов и спускаемых космических объектов, а также контроля поисково-спасательного обеспечения полетов космических объектов, при наличии лесных пожаров или других ЧС, требуется решить ряд вопросов, среди которых можно выделить: необходимость

проведения анализа особенностей применения робототехнических средств различных классов, методов и способов их применения и выявить наибольшие области пересечения решаемых задач, на основании которых возможно разработать предложения для создания как новых робототехнических комплексов для решения поставленных задач, так и применения существующих, находящихся в подразделениях МЧС России [4].

С такой ситуацией подразделения МЧС России и Служба ЕС АКПС еще не сталкивались. При выполнении данной задачи откроется много проблемных вопросов, к решению которых надо подготовиться заранее.

Литература

[1] Приказ Росаэронавигации № 73, Минобороны РФ № 311, Роскосмоса № 76 от 06.08.2007 [Электронный ресурс]: <https://base.garant.ru/191697/> (дата обращения 17.04.2023).

[2] Подготовка экипажей к нештатным ситуациям после приземления на водную поверхность [Электронный ресурс]: <https://www.gctc.ru/print.php?id=5826> (дата обращения 18.07.2023).

[3] Комплексные исследования в области создания и внедрения перспективных робототехнических средств, в том числе развитие учебной базы для подготовки операторов робототехнических комплексов, материально-технической базы для эксплуатации РТК и подходов к технико-экономическому обоснованию рациональной системы испытаний робототехнических комплексов в МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2021. – 502 с.

[4] Актуальность применения робототехнических комплексов МЧС России при проведении поисково-спасательных работ экипажа спускаемого космического аппарата при его аварийном приземлении в зоне крупных лесных пожаров / Козлов В.И., Николаев В.С., Пеньков И.А. и др. // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. – Железнодорожск, 2023. – С. 293–296.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ТИПА «ЭКИП» ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СПАСАТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ ЭКИПАЖА КОСМОНАВТОВ В РАЙОНАХ СЕВЕРА И СИБИРИ РОССИИ

Савицкий А.И.
(ПК «НПФ «ЭКИП», г. Москва)

Летательные аппараты «ЭКИП» – амфибийные, многоцелевые летательные аппараты нового поколения для применения в районах крайнего Севера, Северо-Восточных регионах, и Дальнем Востоке России.

Летательный аппарат «ЭКИП» – новое поколения авиационных транспортных средств:

– перспективная аэродинамическая схема «летающее крыло» с принципиально более высоким аэродинамическим качеством, чем у традиционных самолетов;

- практически безотрывное обтекание корпуса аппарата за счет активного управления течение воздуха по поверхности летательного аппарата;
- применение наряду с углеводородным газового топлива и перспективного водородного топлива;
- применение взлетно-посадочного устройства на воздушной подушке при взлете с аэродромов любой категории, включая земляные площадки и водные поверхности.

Пассажирские лайнеры типа «ЭКИП» имеют возможность комфортно размещения пассажиров, в том числе и каютного типа.

Грузовые аппараты для транспортировки объемных грузов, и аппараты большой грузоподъемности для транспортировки крупногабаритных и неделимых грузов на внутренней подвеске.

Специальные аппараты по доставке спасателей, и оборудования в районы стихийных бедствий, катастроф, чрезвычайных ситуаций, эвакуации населения, тушения лесных пожаров и т. д.

Проектная линейка аппаратов «ЭКИП» включает аппараты от 9 до 600 тонн. Полезный груз от 2,5 до 200 тонн. Высота полета от 3-х метров на экранном режиме до 10 км. Скорость полета от 120 до 700 км/час.

Применения летательных аппаратов типа «ЭКИП» для спасения экипажей космонавтов:

- мобильные пункты приема и обследования космонавтов, оказания им экстренной медицинской помощи, реабилитации;
- технологическая группа летательных аппаратов несет на борту транспортное и спасательное оборудование: вездеходы, болотоходы, суда на воздушной подушке, беспилотники, грузовые квадрокоптеры и вертолеты;
- технологическая группа поддержки оборудована системой генерации электроэнергии, системой автономного жизнеобеспечения, производственными мастерскими;
- летательные аппараты с оборудованными каютами многодневного проживания со всеми удобствами, включая туалет, душ, столовую, рабочие комнаты, зону отдыха.

На базе летательных аппаратов типа «ЭКИП» могут быть созданы временные поселения с требуемой инфраструктурой для комфортного размещения специалистов и экипажей космических кораблей.

Развертывание базы спасателей возможно, как на поверхности Земли, так и на водной поверхности.

Летательные аппараты типа «ЭКИП» имеют все шансы стать эффективным средством обеспечения спасательных операций экипажей космического корабля и групп технической поддержки.

**СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ КИСЛОРОДА «ЭЛЕКТРОН-ВМ»
НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ:
АНАЛИЗ ОТКЛЮЧЕНИЙ ПО СИГНАЛУ «ОТКАЗ НАСОСОВ»**

**Прошкин В.Ю.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)**

Российская система генерации кислорода (СГК) «Электрон-ВМ» [1] получает кислород для дыхания экипажа электролизом воды и работает на Международной космической станции (МКС) с 2000 г. в модуле СМ и вторая система с 2022 г. в модуле МЛМ. СГК состоит из блока жидкостного – технологического блока (ТБ), электронного блока согласования сигналов и команд (БССК) и комплекта кабелей между ТБ и БССК. Управление СГК – от общей бортовой вычислительной системы (БВС).

На МКС в составе системы «Электрон-ВМ» использовано 9 ТБ: выведены из эксплуатации после неустранимого отказа ТБ 03-09, в настоящее время (25.09.2023 г.) работает ТБ 11 в модуле СМ с 2011 г. (наработка 2332 суток) и ТБ 14 в модуле МЛМ с 2022 г. (наработка 371 сутки).

В период эксплуатации часть отключений СГК была по аварийному сигналу «Отказ насосов» (основного и резервного) – см. таблицу. В ряде случаев (но не всегда) при следующих нескольких включениях через 5–10 минут работы происходило автоматическое отключение по тому же сигналу – «Отказ насосов», т. е. была серия из нескольких последовательных отключений.

Отключения СГК «Электрон-ВМ»	№ ТБ в составе СГК								
	03	04	05	06	07	08	09	11	14
Всего включений-отключений	85	113	248	98	51	77	211	504	49
Отключения по сигналу «Отказ насосов»:	1	78	127	82	16	28	6	12	–
– автоматические аварийные	1	78	124	82	16	23	4	12	–
– по команде ЦУПа (ранее аварийного)	–	–	3	–	–	5	2	–	–
Распределение отключений по сигналу «Отказ насосов» в сериях отключений									
Первое отключение в серии отключений	1	68	56	12	14	15	2	4	–
Последующие отключения в серии	–	10	71	70	2	13	4	8	–
Причины отключений по «Отказ насосов» (причины снижения давления нагнетания)									
1. Нет подпитки водой – сбой системы управления	–	64	108	32	12	–	–	5	–
2. Попал газ на вход циркуляционных насосов	1	–	19	–	4	–	4	7	–
3. Причина 1 главная + причина 2 дополнительно	–	–	–	50	–	28	–	–	–
4. Нет подпитки водой – сбой буферной емкости ТБ	–	14	–	–	–	–	–	–	–
5. Отсутствие работоспособности двух насосов	–	–	–	–	–	–	2	–	–

В ТБ два циркуляционных насоса шестеренчатого типа (основной – штатно работает и резервный – штатно отключен) обеспечивают циркуляцию электролита. На выходе насосов стоит реле давления (РД), которое выдает сигнал,

если избыточное давление нагнетания менее $0,65 \text{ кгс/см}^2$. Сигнал с РД обрабатывается, его присутствие в течение определенного времени воспринимается как отказ насоса. При отказе основного насоса – включение резервного, при отказе резервного – отключение СГК по сигналу «Отказ насосов».

Анализ работы СГК выявил две основные причины снижения давления нагнетания насосов (выдача сигнала с РД с отключением по сигналу «Отказ насосов», сами насосы в ТБ сохраняют работоспособность):

№ 1. Нет подпитки ТБ водой (нехватка жидкости в циркуляционном контуре) из-за наличия в системе управления ложного сигнала «Буферная емкость заполнена» (БЕЗ) – устранен изменением программы БВС (сигнал БЕЗ отключен от управления, управление по реальному сигналу БЕЗ из ТБ взял на себя БССК); дополнительно в ТБ 04 – сбой работы буферной емкости – устранен изменением программы БВС (изменен алгоритм подпитки).

№ 2. Попал газ на вход в насос – резкое снижение напора насоса. Источники газа: внесение с подпитывающей водой, дополнительно – диффузия через пористую диафрагму в разделителях газожидкостной смеси, выделение растворенного газа при изменении давления, при стоянке возможен обратный ход газа из электролизера в насосы; дополнительно в ТБ 08 – внешняя негерметичность разделителя. Устранение: сепарация газа из воды для подпитки, повышение устойчивости ТБ к газу в жидкости: изменена пневмогидравлическая схема, исключен обратный ход газа, доработка насосов и разделителей.

Указанные причины с вероятностью $\approx 0,95$ идентифицируются тем, через сколько времени работы СГК после включения пришел сигнал «Отказ насосов» (в серии из нескольких отключений рассматривается самое первое):

- время не менее 20 минут (верхний предел – любой) – причина № 1;
- время менее 10 минут (исходя из алгоритма обработки сигнала с РД + перераспределение электролита в ТБ при включении) – причина № 2;
- время от 10 до 20 минут – переход между причиной № 2 и № 1.

Локальная причина в ТБ 09: после 980 суток наработки потеря работоспособности основного насоса и еще через 228 суток – резервного (единственный отказ самих насосов на борту) – устранен подключением внешнего блока циркуляции, работа еще 57 суток (общая наработка ТБ 09 = 1265 суток).

Сделанный анализ определил направления модернизации и подходы к эксплуатации, что резко снизило число отказов и увеличило наработку ТБ.

Литература

- [1] Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А. Система генерации кислорода «Электрон-ВМ» на борту Международной космической станции // Пилотируемые полеты в космос. – № 3(8). – 2013. – С. 84–99.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАЗЕМНОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ И СПУСКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, РЕШАЕМЫЕ СОТРУДНИКАМИ ИПМЕХ РАН

Котов М.А.

(Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, г. Москва)

Интерес к созданию новых космических аппаратов и развитию программ дальнейшего исследования планет Солнечной системы неуклонно растет. Комплекс вопросов, связанных с характеристиками плазменного слоя, который возникает у поверхности спускаемого аппарата при его движении в атмосфере, становится спектром задач, решение которых является чрезвычайно актуальным. Полный тепловой поток на поверхность аппарата при высоких скоростях полета сильно зависит от радиационной составляющей, которая зависит от излучающей и поглощающей способности образовавшегося плазменного слоя. Достоверное определение долей конвективного и радиационного нагрева в возникающих ударно-волновых структурах имеет как фундаментальное значение, связанное с изучением процессов высокоскоростной газодинамики и физико-химической кинетики, так и прикладное значение, связанное с определением термохимических свойств теплозащитных материалов и проектированием элементов аппарата [1, 2].

Для атмосферного участка полета спускаемого космического аппарата в некоторых точках траектории радиационные тепловые потоки могут достигать значений, сопоставимых с конвективными тепловыми потоками. Задачи создания и исследования материалов тепловой защиты будущих межпланетных миссий требуют глубокой модернизации существующих наземных экспериментальных установок для более достоверного моделирования условий радиационно-конвективного нагрева. Для этого выполняются эксперименты по комбинированному нагреву образцов теплозащитного материала дозвуковыми струями плазмы газов индукционного ВЧ-плазмотрона и лучом иттербиевого волоконного лазера [3, 4].

Актуальность исследований использования методов механики в проблеме оптимизации материалов с покрытиями для эксперимента на МКС определяется крайней необходимостью продления ресурса работы пар трения в открытом космосе. В результате расширения фронта работ на МКС все более расширяется количество узлов трения, работающих в открытом космосе. На первое место выдвигаются задачи долговременной работы подвижных сопряжений. Это возможно достичь путем использования методов современной механики для разработки и исследования новых материалов и покрытий для трущихся сопряжений [5–8]. Здесь важно моделировать такие факторы воздействия

космического пространства, как высокий вакуум, жесткое УФ-излучение, большие перепады температур. Воздействие излучения особенно важно для изучения фрикционных характеристик полимеров, материалов на основе каучука, смазочных материалов, исследования их изменений вследствие интенсивного старения [9].

Литература

[1] Kotov M.A., Shemyakin A.N., Solovyov N.G. et al. Performance Assessment of Thermoelectric Detector for Heat Flux Measurement Behind a Reflected Shock of Low Intensity // *Applied Thermal Engineering*. 2021. – Vol. 195. – P. 117–143.

[2] Регистрация радиационного теплового потока в ударной трубе с помощью термоэлектрического детектора / М.А. Котов, П.В. Козлов, В.Ю. Левашов и др. // *Письма в Журнал технической физики*. – 2023. – Т. 49, № 17. – С. 36.

[3] Исследование режимов теплообмена в дозвуковых струях диссоциированного азота высокочастотного индукционного плазмотрона при дополнительном нагреве поверхности лазерным излучением / С.А. Васильевский, С.С. Галкин, А.Ф. Колесников и др. // *Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа*. – 2023. – № 4.

[4] Simonenko E.P., Kolesnikov A.F., Chaplygin A.V. et al. Oxidation of Ceramic Materials Based on hfb2-sic under the Influence of Supersonic CO₂ Jets and Additional Laser Heating // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. – Vol. 24. – No 17. – P. 13634.

[5] Броновец М.А. Трибология и космические транспортные системы // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2017. – № 1. – С. 18–23.

[6] Bronovets M.A. Tribology Problems in Space. CD-ROM Proceedings of 5th World Tribology Congress. Turin, Italy, 8–13 September 2013, № 152. – ISBN 978-88-908185

[7] Броновец М.А. Твердосмазочные покрытия в космической технике // *Трибология–машиностроению: Труды XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.П. Семёнова*. – М.: ИМАШ РАН, 2022. – С. 64–67.

[8] Броновец М.А. Масла и пластичные смазки в узлах трения космических аппаратов // *Трибология. Состояние и перспективы* / Под ред. М.А. Броновца и И.Г. Горячевой. – Т. 2. – РИК УГАТУ Уфа, 2019. – С. 352–377. – ISBN 978-5-4221-0875-6

[9] Экспериментальная установка для изучения трения и изнашивания с имитацией факторов открытого космоса / М.А. Броновец, В.А. Огуречников, Н.Г. Соловьев, Ю.Л. Чижев, М.Ю. Якимов // *Трение и износ*. – Т. 30, 6. – С. 529–532 (2009).

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА МОРСКОМ ШЕЛЬФЕ

Либерзон М.Р.
(МАИ, г. Москва)

В целях добычи нефти и газа на суше производится бурение скважин. Если бурение не привело к обнаружению месторождения углеводородов, буровую установку переносят в другое место, где продолжают поиски. При этом приходится смириться с безрезультатно затраченными временем и финансовыми средствами. Совершенно другая ситуация складывается при поисках месторождений углеводородов под морским дном – на морском шельфе. Бурение морского дна в поисках углеводородов требует очень значительных финансовых затрат, которые многократно превышают затраты, необходимые для бурения на суше. На рис. 1 показана буровая установка, используемая на шельфе. Работа такой установки обходится примерно в 1 миллион долларов в сутки. Естественно, что прежде, чем приступать к бурению на шельфе, производится разведка, которая позволяет с большой вероятностью предполагать наличие месторождения в данном месте. Предлагается проведение разведки на шельфе в два этапа.



Рис. 1. Буровая установка

Этап 1 – космический мониторинг.

Космический мониторинг в целях разведки месторождений углеводородов на морском шельфе до сих пор не проводился. Кроме того, нет понимания о том, каким образом возможно из космоса изучать морское дно и то, что расположено под ним. Тем не менее, есть предположения о возможности на основании космического мониторинга водной поверхности морей и океанов делать

выводы о вероятности нахождения месторождений углеводородов на шельфе. Эти предположения основаны на результатах работ академика В.Г. Бондура и его сотрудников и коллег. На снимках из космоса, показанных в публикациях [1, 2], видны выходы газа на поверхность воды – так называемые газовые сипы (рис. 2).



Рис. 2. Газовые сипы

Естественно предположить, что в случае существования месторождения углеводородов под морским дном газ просачивается сквозь твердую породу морского дна и затем появляется на поверхности воды, что указывает на возможность месторождения углеводородов в этом районе морского шельфа. Там, где газовые сипы отсутствуют или их мало, вести дальнейшую разведку углеводородов не имеет смысла. На тех частях шельфа, где снимки из космоса показывают интенсивные газовые сипы, большая вероятность нахождения месторождений углеводородов. Здесь необходимо перейти к разведке на основе сейсмотехнологий с использованием донных станций.

Этап 2 – сейсмотехнологии с использованием донных станций.

Методика разведки месторождений углеводородов на основе сейсмотехнологий хорошо известна и подробно описана в работах [3, 4].

Литература

[1] Бондур В.Г., Замшин В.В. Космический мониторинг морских акваторий в районах добычи и транспортировки углеводородов // *Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса* / Под ред. академика В.Г. Бондура. – М.: «Научный мир», 2012. – С. 255–271.

[2] Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. Выявление газовых сипов в акваториях арктических морей с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса // *Исследование Земли из космоса*. – 2015. – № 4. – С. 30–43.

[3] Либерзон М.Р. Технология Геонод: состояние и перспективы автоматизации и управления // *Мехатроника, автоматизация, управление*. – 2019. – № 11. – С. 696–701.

[4] Либерзон М.Р., Павлов Ю.В., Погородний П.Г. Использование сейсмических технологий для геофизической разведки, эксплуатации и обеспечения безопасности месторождений и технологических объектов // *Идеи и новации*. – 2022. – Т. 10, № 1–2. – С. 158–166.

РОЛЬ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРГОНОМИКИ В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

**Королев Л.М., Сорокин В.Г., Самарин В.В., Фалеев А.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Оптимизация профессиональной деятельности экипажей пилотируемых космических аппаратов (ПКА) может успешно решаться в рамках научной дисциплины «Космическая эргономика», являющейся составной частью науки «Эргономика», объединяющей в себе многие научные отрасли (технические, гуманитарные, медицинские). Эта проблема реализуется посредством комплексного изучения и учета всех составляющих человеческого фактора в эргатической системе (ЭС) «космонавт (К) – космическая техника (КТ) – среда деятельности (СД)» [1].

Космическая эргономика в области пилотируемой космонавтики это научная дисциплина, комплексно изучающая профессиональную деятельность экипажа в системе «К – КТ – СД» с целью обеспечения ее эффективности, безопасности и комфорта. Объектом космической эргономики является эргатическая система «К – КТ – СД», а ее предметом выступает деятельность работников аэрокосмической отрасли, в том числе и космонавтов, при разработке, испытаниях и летной эксплуатации объектов космической техники. Цель создания такой эргатической системы заключается в оптимизации профессиональной деятельности космонавта и КТ в условиях космического пространства, в напланетных условиях или условиях интерьера пилотируемого космического (напланетного) комплекса. Под методами космической эргономики понимаются приемы и способы исследования объекта и предмета космической ЭС.

Основная задача космической эргономики состоит в эргономическом обеспечении ЭС «К – КТ – СД», под которым рассматривается установление эргономических требований и формирование эргономических свойств всех структурных компонентов данной ЭС на различных этапах ее жизненного цикла, оказывающие непосредственное и системное влияние на эффективность деятельности всей ЭС «К – КТ – СД». Данные требования зафиксированы в инженерно-психологических и эргономических стандартах.

Под эргономическими требованиями к характеристикам космической эргатической системы (КЭС) понимаются требования, определяемые основными показателями космонавта, космической техники и среды профессиональной деятельности с целью формирования в ней необходимых эргономических свойств. В свою очередь, эргономические свойства характеризуют удобство и комфорт эксплуатации пилотируемого космического комплекса на всех

этапах функционирования в системе «К – КТ – СД». Эргономические свойства КЭС непосредственно оказывают влияние на эффективность и безопасность профессиональной деятельности экипажа при взаимодействии с техническим средством в определенных средовых условиях. К основным эргономическим свойствам, характеризующим деятельность оператора КЭС относятся: антропометрические, гигиенические, физиологические, психофизиологические, психологические.

Если рассматривать профессиональную деятельность экипажей ПКА с позиции космической эргономики, объектом которой выступает ЭС «К – КТ – СД», то положение и роль космонавта в этой системе определяют личностный и человеческий факторы. Данные факторы являются интегральными показателями взаимосвязи космонавта, космической техники и среды, в которой осуществляется космическая деятельность.

Понятие человеческого фактора определяет взаимосвязанное влияние знаний, умений, навыков, профессионально важных качеств космонавта и внешних (промежуточных) характеристик ЭС «К – КТ – СД» на показатели профессиональной деятельности космического экипажа ПКА.

Поэтому, роль космической эргономики в оптимизации профессиональной деятельности экипажей ПКА решается за счет учета влияния всех составляющих человеческого фактора в ЭС «К – КТ – СД» [2]: учет влияния личностного фактора обеспечивается на основе отбора и подготовки космонавта, способного эффективно взаимодействовать с КТ в конкретных средовых условиях; учет влияния технического фактора возможно на основе создания КТ, приспособленной к эффективному функционированию в конкретной космической среде и учитывающей возможности и особенности космонавта; учет влияния факторов СД достигается за счет создания необходимых условий осуществления профессиональной деятельности членов экипажа, а также за счет отбора и подготовки космонавта, способного реализовать эффективное функционирование космической эргатической системы.

Литература

[1] Эргономические требования к характеристикам эргатической системы «космонавт – космическая техника – профессиональная среда деятельности», обусловленные человеческим фактором / Королев Л.М. // Тезисы докладов XIII Международной научно-практической конференции: «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, 2019. – С. 21–23.

[2] Сорокин В.Г., Королев Л.М. Основы эргономики и эргономического обеспечения космической техники: Учебно-справочное пособие. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2019.

**АНАЛИЗ ОТКЛОНЕНИЙ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ
ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЭКИПАЖ–ПКА–СРЕДА»,
И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ИНТЕРЕСАХ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС-67 И МКС-68**

**Фалеев А.В., Королев Л.М., Сорокин В.Г., Самарин В.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В докладе на примере использования результатов полетов экспедиций Международной космической станции (МКС) приведена методика анализа различного рода отклонений, возникающих в процессе эксплуатации пилотируемых космических аппаратов (ПКА) и показана возможность применения указанной методики в интересах разработки необходимых мер по повышению эффективности деятельности экипажей МКС и обеспечению безопасности космических полетов.

Ключевые слова: анализ данных полетов экипажей Международной космической станции, безопасность полетов экипажей Международной космической станции, неблагоприятные факторы полета, отклонения в функционировании системы «экипаж–ПКА–среда», эффективность деятельности экипажей Международной космической станции.

Результаты выполненных космических полетов показывают, что во время полетов экипажей на борту РС МКС возникают различного рода отклонения в функционировании системы «экипаж–ПКА–СД», обусловленные воздействием различных неблагоприятных факторов космического полета, связанных с отказами и неисправностями бортовых систем и наземного оборудования; ошибками разработчиков космической техники (КТ), персонала Центра управления полетами (ЦУП) и экипажа; помехами и сбоями в работе систем; недостатками подготовки экипажа; естественным износом и деградацией конструкционных материалов МКС; опасностью столкновения с «космическим мусором»; воздействием микрометеоритов, космической радиации и др. [1].

Последствия проявления указанных отклонений приводят к снижению эффективности деятельности экипажей РС МКС и, как правило, целевой отдаче от использования РС МКС в целом. Также они могут представлять потенциальную угрозу безопасности полета ее экипажей. В связи с этим актуальным является решение проблем, связанных с поиском результативных мер борьбы с указанными отклонениями и предотвращением их появления как в процессе космических полетов будущих экспедиций МКС, так и при разработке соответствующих мероприятий конструктивно-технологического характера для перспективных пилотируемых космических комплексов (ПКК) [2].

Большое значение имеет анализ накапливаемых по мере увеличения порядкового номера экспедиции МКС распределений характеристик потока отклонений, источникам их возникновения, составу, последствиям воздействия, применяемым мерам по повышению эффективности деятельности экипажей и обеспечению безопасности космических полетов.

Анализ проводится по определенному алгоритму, который включает в себя:

- сбор исходных данных по отклонениям, имевшим место в полетах экспедиций на МКС;
- анализ распределения отклонений по источникам их возникновения, оценку динамики изменения интенсивностей потока отклонений;
- анализ состава отклонений, способов выхода из нештатных ситуаций и мер по повышению эффективности деятельности экипажей и обеспечению безопасности их полетов;
- оценку характеристик потока отклонений (распределения их количества в течение суток полета);
- анализ замечаний и предложений, сформулированных экипажами в ходе полета и послеполетных мероприятиях.

В качестве отклонений рассматриваются отказы систем и оборудования, а также замечания и недостатки, в той или иной мере оказывавшие влияние на деятельность космонавтов и выполнение программы космического полета, выявленные и зафиксированные в ходе полета, а также сформулированные членами экипажей и специалистами.

Литература

[1] Сосюрка Ю.Б., Ярополов В.И. Методика анализа возникающих в процессе эксплуатации пилотируемых космических комплексов отклонений в функционировании системы «экипаж–ПКА–среда» в интересах повышения эффективности деятельности экипажей и обеспечения безопасности космических полетов // Пилотируемые полеты в космос.– 2018. – № 1(26). – С. 32–55.

[2] Ярополов В.И. Основы обеспечения безопасности экипажей пилотируемых космических аппаратов. Учебник. – Звездный городок, 2017. – С. 21–23.

СОСТАВ ОТОБРАЖАЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПИЛОТИРУЕМОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРАБЛЯ И ЛУННОГО ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОГО КОРАБЛЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛУННОЙ МИССИИ

**Сорокин В.Г., Королев Л.М., Самарин В.В., Фалеев А.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В информационной модели (ИМ) должны отображаться информационные параметры, обеспечивающие поддержку решений космонавта: в виде возможных вариантов принимаемых решений и последовательности выполняемых им действий (алгоритмы); в виде сообщений, информирующих космонавта о командах и распоряжениях (информация); в виде визуальных и звуковых сигналов; в виде информации о результатах его управляющих воздействий (параметры, показатели, индикация).

Для космонавта, управляющего ПТК (ЛВПК), ИМ должна содержать информацию о внешней обстановке (о процессе управления – в целом), об эксплуатации ПТК (ЛВПК) в составе эргатической системы (ЭС), а также о допустимых режимах функционирования пилотируемого космического аппарата и параметрах внешней среды деятельности.

Для космонавта – командира корабля, управляющего экипажем, ИМ должна включать обобщенную информацию, обеспечивающую возможность формирования оперативной модели использования ЭС «космонавт – ПТК (ЛВПК) – среда деятельности» в интересах решения задач полета к Луне, нахождения на окололунной орбите, на поверхности Луны и полета обратно на Землю.

Для космонавта – второго пилота в ИМ должен формироваться набор отображаемых информационных параметров на основе полной совокупности данных, характеризующих функционирование ПТК (ЛВПК) в технически установленных режимах работы.

Для космонавта – специалиста полета в ИМ должен формироваться набор отображаемых информационных параметров, включающих информацию об исправном состоянии ПТК (ЛВПК), его бортовых систем (БС) и агрегатов, о характере, причинах и месторасположении нештатных ситуаций (НшС) или аварийных ситуаций (АС) и их нейтрализации.

ИМ должна включать набор отображаемых информационных параметров, обеспечивающих информирование космонавта о НшС или АС, требующих его немедленного вмешательства. При этом аварийные визуальные сигналы для наглядных (комбинированных) ИМ должны характеризовать существо и место НшС или АС.

Отображаемые в ИМ информационные параметры должны учитывать индивидуальную или коллективную направленность информации.

В докладе показаны:

- вариант состава отображаемых информационных параметров экипажу ПТК (кроме аварийных);
- вариант состава отображаемых информационных параметров экипажу ЛВПК (кроме аварийных);
- вариант состава отображаемых информационных параметров от БС экипажу ПТК (ЛВПК) (кроме аварийных).

Состав отображаемых информационных параметров, объем и форма предъявляемой информации, организация информации, а также адаптивность и кодирование информации, предназначенной для космонавта (группы космонавтов), выполняющего свои специфические функции, должны соответствовать уровню иерархии, который космонавт занимает в структуре управления, типу выбранного режима взаимодействия космонавта с объектом воздействия и уровню реализованного программного обеспечения.

Состав информации должен обеспечивать выполнение всех функций управления и обслуживания, выполняемых космонавтами.

Информация, используемая космонавтами при решении задач управления и обслуживания, должна передаваться на пульт управления в полном объеме, для обеспечения выполнения всех задач управления (обслуживания). Регулирование объема предъявляемой космонавту информации должно осуществляться: путем распределения информации по системам отображения для решений близких по функциональному назначению групп задач; путем распределения информации между космонавтами с учетом их функций и реальной загрузки в целях обеспечения требуемого качества деятельности, оптимальных показателей загруженности и равномерности загрузки космонавтов.

Литература

- [1] ГОСТ Р 15971-90. Системы обработки информации.
- [2] ГОСТ 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования.
- [3] ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.
- [4] ГОСТ 27833. Средства отображения информации. Термины и определения.
- [5] Леонова А.Б. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности / А.Б. Леонова, В.И. Медведев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 112 с.
- [6] Практикум по инженерной психологии и эргономике / под ред. Ю.К. Стрелкова. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 400 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ

Самарин В.В., Королев Л.М., Сорокин В.Г., Фалеев А.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Концептуальная модель профессиональной деятельности космонавтов в полете создается в процессе подготовки с определенной степенью приближения, обусловленной техническими и эргономическими характеристиками используемых технических средств, а также совокупностью психолого-педагогических методов обучения.

Модель деятельности космонавтов, формируемая в процессе подготовки, интегрирует возможности различных технических средств подготовки и опирается на положение инженерной психологии, согласно которому, поскольку невозможно воспроизвести полное подобие всех особенностей полета в наземных условиях, важно добиться психологического подобия, минимизируя влияние человеческого фактора, рассматриваемого как рассогласование между концептуальной моделью полета и информационной моделью космического корабля.

Таким образом, влияние человеческого фактора на структурное согласование компонентов системы «космонавт – ПКА» определяется состоянием космонавта в процессе профессиональной деятельности. Данное состояние может варьировать результат космической деятельности от успешного выполнения всех задач пилотируемого космического полета до недостижения целей полета или гибелью космонавта, с разрушением или сохранением ПКА.

Актуальна задача создать концептуальную модель полета в дальний космос на основании имеющихся данных опыта полетов на Международную космическую станцию (МКС) и Луну, которая обеспечит необходимый уровень безопасности. Для этого потребуются разработать требования подготовленности космонавтов к полету.

Исследование проводилось методами инженерной психологии [1]. Она позволяет учесть человеческий фактор и согласовать психологические и технические характеристики системы «экипаж – ПКА» для исключения возможных ошибочных действий экипажа. От членов экипажа потребуется дополнительно поддержание в ходе полета физического и психического здоровья, а также высокой работоспособности и безопасной профессиональной деятельности.

Процесс подготовки космонавтов ориентируется в психологическом содержании на гармоничное взаимодействие компонентов системы «экипаж – ПКА», где экипаж должен:

- знать и уметь работать с информационной моделью корабля и станции;

– понимать содержание и регулирующую роль концептуальной модели полета;

– знать ограничения системы подготовки и осознавать различия между процессом подготовки к полету и процессом реальной деятельности.

Проблема адаптации человека к профессиональной деятельности включает осознание своего предназначения, специфики деятельности и требований к личности космонавта в полете. Космонавт должен иметь установку на постоянное личностное и профессиональное самосовершенствование, мобилизацию своего психического потенциала при подготовке и в полете [2].

Длительность межпланетного полета предполагает автоматизацию работы основных бортовых систем корабля. За экипажем остаются функции контроля работы и функционального резервирования автоматических систем, а также обслуживание и ремонт оборудования ПКА. В штатном режиме полета функции контроля выполняются на общем фоне монотонности обстановки, однообразия раздражителей и двигательной пассивности. Вся информация о состоянии систем корабля поступает опосредованно через систему отображения информации; поэтому непосредственное взаимодействие с объектом заменяется работой с информационными моделями. В такой обстановке повышаются требования к средствам поддержания активного психофизиологического состояния космонавтов.

Важно обеспечить самостоятельность поведения космонавтов при принятии решений по выходу из нештатных ситуаций, готовности к нестандартным задачам в интересах членов экипажа. Из-за большой удаленности от Земли все оперативные решения в штатных и нештатных ситуациях полета будет принимать экипаж в лице командира.

В экипаже командир отвечает за выполнение программы полета в целом, безопасность экипажа, управление его деятельностью, сохранность ПКА и его оборудования, выполнение всех динамических режимов, связь с Землей, поддержание порядка и дисциплины на борту, взаимодействие в экипаже и его морально-психологическое состояние.

В деятельности экипажа важное место занимает выполнение научных экспериментов. Открываются уникальные возможности для проведения исследовательской работы не только по утвержденным программам и методикам, но и самостоятельно в удаленном режиме. В этих условиях от космонавта требуется способность увидеть и осмыслить новую информацию, зафиксировать ее и передать на Землю. Основным мотивом научного творчества является убежденность космонавта в необходимости и полезности его деятельности для науки и всего человечества. Интересная творческая работа на борту корабля формирует состояние увлеченности, удовлетворения и компенсирует

монотонию и защищает психику космонавта. Именно, творческая работа, в первую очередь, является психической защитой для космонавта в длительном полете, поддерживает его активное состояние и работоспособность [2].

Продолжительное воздействие невесомости изменяет механизмы регуляции обменных процессов и обеспечения работы органов и систем космонавта. В интересах обеспечения их профессиональной надежности в космических полетах большой продолжительности необходимо системное использование показателей и критериев в зависимости от этапа подготовки, осуществления космического полета или реабилитации.

Зная условия полета и содержание деятельности экипажей будущих экспедиций, можно оценить направления инженерно-психологического обеспечения профессиональной подготовки космонавтов.

Литература

[1] Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика: Учебное пособие. – М.: Изд-во НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.

[2] Богдашевский Р.Б., Соловьева И.Б. Психологическое обеспечение подготовки космонавтов. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2012. – 390 с.

НЕКОТОРЫЕ ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АНТРОПОМОРФНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ «ROBONAUT-2»

Сорокин В.Г.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Антропоморфная робототехническая система космического назначения (АРТС КН) ROBONAUT-2 (R-2) была разработана для исследования возможностей применения технологий антропоморфных роботов (АР) в условиях космического полета, включая внутрикорабельную, внекорабельную и напланетную деятельность (ВнуКД, ВКД, НД). В качестве экспериментальной площадки использовался американский сегмент Международной космической станции (АС МКС). В настоящее время планируются исследования по применению R-2 по задачам ВнуКД.

В состав АРТС КН R-2 входят: антропоморфный робот (АР) нового поколения; стойка для хранения АР в транспортном положении; поручни и направляющий рельс для крепления «ног» АР; соединительные кабели; штатные видеокамеры лабораторного модуля.

Благодаря сорока двум независимым степеням свободы и более чем тремстам пятидесяти сенсорам АР, является примером мехатронной интеграции.

Манипуляторы АР оснащены бесщеточными двигателями постоянного тока, волновыми редукторами и отказостойкими электромагнитными тормозами, выступающими в качестве структурных элементов для приводов с высокой мощностью и крутящим моментом с параметрами, комфортными для взаимодействия с оператором и с пассивной податливостью к внешним воздействиям.

Для достижения необходимой силы для работы манипуляторов с весовыми макетами предусмотрено формирование данных, которое возложено на высокоинтегрированные контроллеры соединений низкого уровня, встроенные в каждый из суставов манипуляторов. Данные контроллеры являются основой алгоритма управления движением предплечий. Контроллеры состоят из вентильной матрицы со встроенным процессором и программируемой логической схемой. Вентильная матрица осуществляет коммутацию двигателя и управление изменением силы тока, сериализацию и десериализацию данных и команд с суставных сочленений манипуляторов, обработку данных с датчиков и управление гибкими исполнительными механизмами манипуляторов.

Захват снабжен пятью пальцами с двенадцатью степенями свободы. С учетом наличия у предплечья двух степеней свободы, манипулятор рассматривается американскими учеными как полностью автономная единица, способная выполнять некоторые операции. Четырнадцать степеней свободы манипулятора обеспечиваются восемнадцатью двигателями и восемью печатными платами, которые упакованы внутри предплечья. Манипулятор АР имеет возможность производить действия с большим набором инструментов для ВнукД и ВКД, кроме того обеспечивается работа и с мягкими текстильными материалами.

Располагающиеся на захвате пальцы разделены на гибкий сет, используемый для различных манипуляций, и захватный сет, используемый для крепкого стабильного захвата при работе с большими инструментами.

В пользовательском интерфейсе АРТС КН R-2 используются общие элементы, такие как кнопки и ползунки – чтобы предоставить оператору прямой контроль над основными функциями АР. Стратегия управления АРТС КН R-2 основана на программном обеспечении, представляющим собой многопоточное приложение, которое распространяется на два процессора. Данные, полученные двумя процессорами через шину ввода-вывода для подключения периферийных устройств, подаются к центральным процессорам манипуляторов. Центральный процессор передает команды, необходимые для сочленений манипулятора, на высокоинтегрированные контроллеры и контроллер предплечья, где встроенные процессоры реализуют эти команды крутящим моментом до тех пор, пока сочленения не займут требуемое (заданное) положение.

Архитектура АРТС КН R-2 обеспечивает систему управления на основе импеданса с большой гибкостью. Концепция управления импедансом

обеспечивает надежное взаимодействие в ЭС «астронавт – АРТС КН – среда», и, в то же время, учитывается соразмерность движений составных частей АР и сил действий для выполнения операций в трехмерном пространстве.

В основу этой концепции управления импедансом заложен закон импеданса с двумя иерархическими отношениями: импеданс операционного пространства – как первый приоритет, и импеданс совместного пространства – как второй приоритет. Использование закона импеданса в кинематическом дереве обеспечивает охват кинематического графика, в котором каждый замкнутый цикл открыт путем сокращения одного из его ребер. Это обстоятельство предопределяет то, что рабочее отношение операционного пространства и совместного пространства может быть вычислено применительно к любому из узлов в кинематическом дереве. Конечным результатом этой архитектуры является создание системы, которая способна выполнять плановые операции, одновременно взаимодействуя со средой деятельности.

Общие элементы управления на панели пользовательского интерфейса организованы по функциям и представлены пользователю на основе заранее определенных различных задач. Интерфейс использует контролируемую сетевую связь для получения телеметрии, событий, для обновления состояния системы и отправки команд роботу. В дополнение к базовому управлению АР с использованием стандартных методов ввода, пользовательский интерфейс АР имеет пользовательский язык программирования. Этим обеспечивается эффективная обратная связь, что позволяет создавать сложные варианты деятельности из постоянно растущей базы элементов операций, разработанных для АРТС КН R-2.

Инструменты и приспособления для ВнуКД и ВКД представлены в докладе реконфигурируемой панелью задач. Операции имеют широкий диапазон сложности и различные цели. Панель задач имеет модульную конструкцию, которая состоит из четырех слотов, в которых можно разместить отдельные панели задач.

Литература

[1] Robonaut 2 – Первый антропоморфный робот в космосе. M.A. Diftler*, J.S. Mehling*, M.E. Abdallah**, N.A. Radford*, L.B. Bridgwater*, A.M. Sanders**, R.S. Askew*, D.M. Linn**, J.D. Yamokoski***, F.A. Permenter***, B.K. Hargrave***, R. Platt*, R.T. Savely* and R.O. Ambrose*. *NASA/JSC, Houston, Texas. **General Motors, Warren, Michigan. ***Oceaneering Space Systems, Houston, Texas.

[2] Robonaut 2 на МКС: состояние, доработка и подготовка к двигательной активности внутри станции. Thomas D. Ahlstrom and Myron A. Diftler and Reginald B. Berka and Julia M. Badger and Sandeep Yayathi. NASA Johnson Space Center, Houston, TX, 77058.

[3] Robonaut 2 и Watson: Когнитивная функциональность для будущих исследований. Julia M. Badger, Philip Strawser, Logan Farrell, S. Michael Goza NASA Johnson Space Center.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОТРАБОТКИ
КОЛЛАБОРАЦИИ И ИНТЕРФЕЙСА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ И ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ**

**Дикарев В.А., Симбаев А.Н., Кикина А.Ю, Чеботарев Ю.С.,
Никитов Э.В., Агаркова Ю.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Одним из важных направлений исследований рассматривается изучение аспектов использования коллаборативных робототехнических технологий и средств (КРТиС) для условий обеспечения полной или частичной автономности длительной космической экспедиции. Предполагается, что при рассмотрении коллаборативных робототехнических систем (РТС) компоненты эргатической системы (ЭС) «космонавт – РТС» могут находиться в бинарных системных отношениях взаимодействия космонавта и РТС: конфликт, безразличие и сотрудничество. Конфликт определяется снижением целевой функции полезности ЭС «человек – РТС», безразличие – ее неизменностью, сотрудничество – ее повышением. Вместе с тем, целью создания и применения коллаборативных роботов (космокоботов) является достижение между компонентами системы ЭС «человек – РТС» сотрудничества путем недопущения конфликта и исключения безразличия.

Под коллаборативными роботами (коботами) принято понимать автоматические устройства, которые могут работать совместно с человеком для создания или производства различных продуктов; под робототехникой (от робот и техника; англ. robotics) – прикладную науку, занимающуюся разработкой автоматизированных технических систем.

С учетом этого, в проекции на пилотируемую космонавтику, можно условно называть:

- космическими коботами (космокоботами) – автоматические устройства, которые могут работать совместно с космонавтами при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте пилотируемых космических аппаратов (ПКА);
- космической кобототехникой – прикладную науку, занимающуюся разработкой автоматизированных технических систем, которые могут работать совместно с космонавтами при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте ПКА.

Развитие и внедрение КРТиС, направленных на выполнение совместных операций с эффектом в отношениях сотрудничества в сочетании с интеллектуальными интегрированными технологиями и средствами виртуальной,

дополненной реальности и манипуляции (элементов искусственного интеллекта) является предпосылкой:

- для трансформации роботов-помощников космонавтов в роботы-партнеры космонавтов, которые обеспечат их взаимодействие с эффектом отношения сотрудничества в процессе выполнения совместной деятельности, соответственно, и расширение задач на РОС) с использованием коллаборативных РТС;
- для разработки РТС, обеспечивающих выполнение задач во время отсутствия космонавтов.

Применение таких технологий для создания интеллектуальных человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) смогут их адаптировать под конкретного космонавта и конкретную РТС, и обеспечивать «разумное» взаимодействие между ними, посредством речи, мимики, жестов, движений и т. п. Возможно, интеллектуальные ЧМИ станут некоторым прототипом для виртуальных интеллектуальных интерфейсов РТС, обеспечивающих «разумное» групповое взаимодействие между ними в понятных и привычных формах коммуникаций.

Литература

[1] Контур-2: эксперимент. – https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/kontur_2/ (дата обращения 16.05.2023).

[2] Испытатель: эксперимент. – <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/ispysatel/> (дата обращения 16.05.2023).

[3] О возможности отработки коллаборативного использования антропоморфной и манипуляционной робототехнической системы для операционной поддержки внекорабельной деятельности космонавтов / Дикарев В.А., Кикина А.Ю., Чеботарев Ю.С., Никитов Э.В., Кондратенко М.В., Агаркова Ю.С. // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 3(44). – С. 69–84.

ОБОБЩЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОСМОНАВТОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АНТРОПОМОРФНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ

**Дикарев В.А., Симбаев А.Н., Кикина А.Ю., Чеботарев Ю.С., Никитов Э.В.,
Агаркова Ю.С., Луцевич Д.Н., Миняйло Я.Ю., Кукоба Т.Б., Кирсеев К.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Одним из актуальных направлений исследования адаптации человека к космическому полету является исследование вестибулярной функции и формирование предложений для повышения ее устойчивости к воздействию факторов космического полета. К настоящему времени накоплен опыт применения антропоморфных робототехнических систем (АРТС) космического назначения (КН), включая экспериментальные исследования (ЭИ), проведенные во

время подготовки и выполнения изоляционного эксперимента «Сириус-21/22» по направлению «Космическая робототехника», в которых рассмотрены некоторые аспекты использования АРТС для поддержания операторской деятельности экипажей при реализации перспективных пилотируемых космических программ [1, 2].

Существуют различные подходы к регистрации отклонений вестибулярной системы человека. Предлагаемый подход заключается в анализе изменений вестибулярной функции испытуемых при работе в очках виртуальной реальности (ОВР) в специально разработанных для целей испытаний виртуальных сценах. ЭИ проводились в два этапа [3].

На основании обработки результатов проведения получены следующие выводы:

1. Выполнение космонавтами исследований не оказало отрицательного влияния на сердечно-сосудистую систему организма. Показатели частоты сердечных сокращений были характерными для реакции организма на условия выполняемой работы.

2. При выполнении циклограммы данного исследования возможно появление утомления, чувство напряжения в глазах, а также незначительного головокружения и головной боли. Данные изменения в самочувствии космонавтов, возможно, связаны с длительным периодом использования ШВР и нахождении в вертикальном положении.

3. Все отклонения в состоянии космонавтов носили преходящий характер, что не привело к негативным последствиям для их здоровья.

4. Физиологическая переносимость ЭИ оценена как хорошая.

5. Воздействие оптокинетического раздражителя на космонавтов при управлении АРТС в ВС не вызвало более выраженных изменений в функциональном состоянии по сравнению с воздействием пробы НКУК, проводимой в рамках динамического медицинского контроля с целью определения ВУ космонавтов.

6. Наибольшая интенсивность нагрузки и наибольшая физиологическая стоимость работы зафиксированы при выполнении космонавтами задач управления АРТС в виртуальной среде (ВС) за счет одновременного сочетания оптокинетической и физической нагрузок, которые создаются работой с одновременным применением ОВР и задающем устройстве копирующего типа.

7. Изменения стабилеографических показателей и амплитуды электромиограммы мышц голени космонавтов после управления АРТС в ВС свидетельствует об изменениях в стратегиях поддержания вертикальной позы.

ЭИ показали, что космонавты испытывают различный вестибулярный дискомфорт, разное снижение общей работоспособности при управлении

РТС АТ в ВС. Полученные результаты могут стать основой для формирования программы и методики проведения профессионального и пролонгированного отбора соответственно кандидатов в космонавты и космонавтов в составе экипажей, тестирования индивидуального и коллаборативного выполнения ими операций по управлению АРТС в ВС.

Литература

[1] Исследование возможностей использования робототехнических систем для поддержания операторской деятельности экипажей и формирования экосистемы / микроклимата сотрудничества / В.А. Дикарев, В.И. Дубинин, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина, Ю.С. Чеботарев, Э.В. Никитов, И.А. Розанов // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 15–31.

[2] Предпосылки и результаты модернизации универсального компьютерного стенда робототехнических систем / В.А. Дикарев, В.А. Довженко, Э.В. Никитов, Ю.С. Чеботарев // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 4(41). – С. 36–47.

[3] Экспериментальные исследования вестибулярной устойчивости космонавтов при управлении робототехническими системами в виртуальной среде: постановка, проведение, результаты / В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина, Ю.С. Чеботарев, Э.В. Никитов, Ю.С. Агаркова, Д.Н. Луцевич, Я.Ю. Миняйло, Т.Б. Кукоба, К.С. Киреев // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 3(48). – С. 5–20.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКЕ

**Батурин Ю.М., Куликов И.Н., Крючков Б.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Уникальные свойства лазерного сканирования (ЛС) находят применение в самых различных сферах человеческой деятельности, включая транспорт, промышленность, строительство, инженерные изыскания и пр. В ракетно-космической отрасли РФ на сегодняшний день известны такие практические приложения реализации метода ЛС: использование систем класса «лазерный трекер» для технического контроля создания ракетно-космической техники; при проведении предпроектных изысканий и в ходе проектирования различных распределенных инфраструктурных объектов; для решения отдельных задач по пространственно-техническому мониторингу состояния наземной космической инфраструктуры [1].

Как показывает практика, возможности сканирующих лидаров поистине неисчерпаемы и они могут быть эффективно реализованы в области пилотируемой космонавтики. В настоящее время разрабатываются теоретически и находят прикладное применение ЛС, используемые в качестве подсистем технического зрения лунных и марсианских пилотируемых и беспилотных

мобильных транспортных средств, систем управления посадочными космическими модулями, базовых средств координатной поддержки напланетной деятельности космонавтов и т. д. [2].

Отдельной темой, связанной с применением ЛС в космосе, является использование лидарных комплексов в составе бортового оборудования пилотируемых орбитальных космических станций (ОКС).

Работы, связанные с роботизацией деятельности человека в космосе, сложная распределенная техническая структура ОКС, а также прямая зависимость безопасности космических полетов от того, насколько синхронизированы и взаимосвязаны внешние элементы данного объекта, требуют создания и использования реалистической трехмерной модели орбитальной станции [3].

Точность и пространственное разрешение такого представления, полученного при помощи нескольких совместно сканирующих устройств, аналогичных современным наземным ЛС (доработанным и оптимизированным для съемки в космосе) и оптимально расположенным на внешней поверхности космического корабля, позволят получить первичное облако точек лазерных отражений (ТЛО) и обеспечить в будущем создание на их основе «цифрового двойника» ОКС.

Компьютерное представление «космического дома» в виде связанных, высокоточных и актуальных цифровых данных о топологии, состоянии и пространственно-технических характеристиках его элементов обеспечит:

- решение задач управления роботизированными космическими системами в местной (связанной) либо абсолютной системе координат ОКС, без прямого визуального контакта человека и объекта управления, в том числе автоматически (программно) с заданной высокой точностью, надежностью и эффективностью проведения любых технологических операций во внекорабельном пространстве;

- проведение автоматического дискретного (псевдо непрерывного – с темпом сканирования бортовых устройств ЛС) обновления данных модели ОКС, в том числе, по первичному облаку каждого нового поколения ТЛО для постоянного контроля поверхности станции и ее внешних элементов (солнечные батареи, радиотехнические системы, антенны и пр.) с целью сравнения их положения (пространственно-технического состояния) с нормативным и (или) проектным;

- разработку средств комплексного управления системами ОКС на основе общей актуальной топологии станции, оптимизируемой для решения различных инженерных задач в едином цифровом пространстве и т. д.

Дальнейшее развитие указанной технологии, под условным названием «космическое» лазерное сканирование (КЛС), возможно как в направлении ее

использования для автоматизированного трехмерного проектирования развития ОКС и иных сложных космических объектов, взаимодействующих с ней, так и для решения задач оптимизации ее работы (полета) в сложном многомерном информационно-координатном космическом пространстве.

Возможным перспективным направлением применения КЛС в области пилотируемой и беспилотной космонавтики является дистанционное картографирование поверхности других планет и иных космических тел, с целью получения точных и достоверных цифровых данных о фактическом рельефе планеты в районах возможной посадки лунных или марсианских модулей. Системы, аналогичные КЛС могут дать уникальную актуальную информацию о местности других планет с целью ее использования для проектирования и строительства напланетных баз, их транспортной или энергетической инфраструктуры, развития систем безопасности, решения комплекса навигационных задач обеспечения посадок и взлетов космических кораблей, а также эффективного ведения напланетной деятельности.

Литература

[1] Гришанов В.Н., Ойнонен А.А. Современные лазерные измерительные системы в производственном цикле космической техники // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – № 1(32). – С. 24–35.

[2] Куликов И.Н. Лазерные сканирующие устройства и их использование в перспективных Лунных миссиях // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 4(41). – С. 57–74.

[3] Виртуальное 3D-моделирование реальных ПКК в интересах историко-технических исследований и сохранения научно-технической информации об объектах / Батулин Ю.М., Крючков Б.И., Леонов А.В. // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 3(28). – С. 97–116.

РОЛЬ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ КОСМОНАВТА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ ЛУННОГО РОВЕРА

**Довженко В.А., Крючков Б.И., Усов В.М.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Выполнение послеполетных космических экспериментов имеет большое методологическое и практическое значение для исследования вопросов безопасности и учета человеческого фактора в перспективных космических полетах, в частности, при роботизированном освоении Луны. Проектирование, планирование и контроль перемещения космонавтов на лунном ровере (ЛР) по поверхности Луны требует отработки сценариев, способствующих формированию у космонавтов–операторов (КО) готовности к принятию решений в усложненных условиях деятельности. Для комплексной характеристики

готовности КО к вмешательству в автоматическое управление при перемещении автономного ЛР в сложно структурированной внешней среде принимается принцип человеко-ориентированного распределения функций в человеко-машинной системе (ЧМС). Схему принятия решений КО при контроле перемещения ровера в указанных условиях целесообразно рассматривать с позиций описания этапов формирования так называемой «ситуационной осведомленности» (СО) КО. Использование СО при описании взаимодействия КО с ЛР и внешней средой в процессе решения операторских задач тактического уровня в сложной обстановке предполагает систематизацию знаний на трех уровнях, характеризующих:

- 1 уровень – адекватное восприятие КО системных событий;
- 2 уровень – корректную интерпретацию КО системных событий;
- 3 уровень – прогнозирование КО динамики состояния ЧМС в течение определенного ограниченного промежутка времени.

Предполагается, что успешная деятельность КО во многом определяется достижением высокого уровня его СО и, напротив, наличие условий, препятствующих улучшению СО, требует разработки способов предотвращения ошибок и сбоев в работе ЧМС. В их числе – уточнение характеристик информационного обеспечения КО, например, (для 1 и 2 уровней СО) с организацией оперативной и непротиворечивой обратной связи от бортовых систем ЛР, что способствует адекватному восприятию КО окружающей обстановки и корректному определению местоположения ЛР.

Применительно к управлению ЛР необходимо отметить определяющую роль СО при принятии КО решений в процессе пространственной ориентировки при навигации на лунной поверхности с использованием технологий локального позиционирования. В этой связи возрастает роль предварительных этапов проектирования маршрутов ЛР, описания их особенностей и потенциальных рисков.

Сценарный подход к построению маршрутов ЛР по навигационным ориентирам носит название «визуальной навигации» и предполагает применение визуально-образного представления информации для ведения пространственной ориентировки и речевого управления мобильным роботом (автономным ЛР). Эту задачу представляется возможным решать с помощью когнитивных карт (в дополнение к электронным цифровым картам) – составления визуально-образных представлений маршрута ЛР с расположением навигационных маяков на маршруте в проблемных локациях для выявления ошибок управления, непрогнозируемых отклонений ЛР от маршрута, рисков коллизий и др.

На основе данных о локальном позиционировании ЛР, о видимых навигационных ориентирах и сопоставления их с когнитивной картой КО принимает решение о необходимости перехода с автоматического на ручное управление ЛР.

Фактически это означает построение единой семантической базы для обеспечения взаимодействия человека и робота в ЧМС и оперативного контроля КО режима автоматического управления ЛР. Эффективное применение когнитивных возможностей, профессионального опыта и навыков КО обеспечивается применением пространственно-ориентированных технологий моделирования виртуального окружения и его 3D-визуализации, а также использования для диалога КО с роботом (ЛР), в составе интерфейса языка речевых команд [1].

Одним из направлений использования подобных эргатических систем с высоким уровнем СО оператора может стать их использование для оценки способностей и операторских качеств претендентов при отборе кандидатов в космонавты, а также космонавтов-операторов для осуществления напланетной деятельности в перспективных лунных космических программах.

Литература

[1] Виртуальное моделирование интерактивного взаимодействия человека с мобильными роботами в проектах освоения Луны / М.В. Михайлюк, Б.И. Крючков, В.М. Усов // Робототехника и техническая кибернетика. – 2019. – Т. 7, № 2. – С.119–124. – DOI: <https://doi.org/10.31776/RTCJ.7205>

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПИЛОТИРУЕМОГО ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ

Курицын А.А., Ковинский А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Анализ деятельности различных космических агентств в современных условиях показывает, что мировая пилотируемая космонавтика переходит к новому этапу своего развития – к полномасштабным программам освоения Луны и окололунного пространства. Стратегия развития национальной пилотируемой космонавтики подразумевает исследование и освоение Луны как стратегически важного космического объекта, находящегося в доступном околоземном пространстве, обладающего огромным количеством ресурсов, предоставляющего уникальные возможности для проведения научных исследований и непосредственно представляющего научный интерес как небесное тело, обеспечивающее отработку технологий межпланетных полетов и напланетной деятельности.

В докладе на фоне анализа программ полетов к Луне в 60–70-х годах 20-го столетия (рис. 1) рассматриваются планы освоения Луны различными странами в ближайшей перспективе. В настоящее время существует несколько проектов полетов к Луне, предложенных различными странами. При этом программа НАСА Artemis практически уже начала выполняться, осуществлена первая миссия Artemis I, которая являлась демонстрацией работы систем космического корабля Orion в условиях космического полета к Луне.

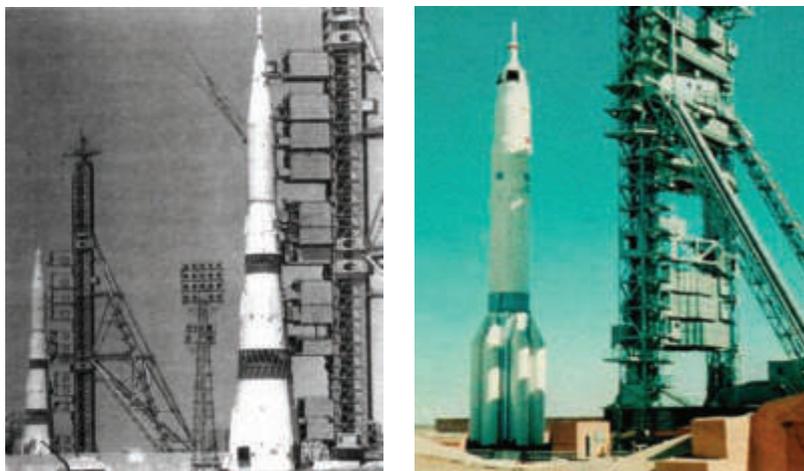


Рис. 1. Советские лунные комплексы: Н1- Л3 (слева), Союз-7К-Л1 (справа)

Оценка перспектив пилотируемого освоения Луны позволяет определить направления деятельности космонавтов при выполнении лунных миссий: выполнение программы научных исследований на Луне, разработка лунных ресурсов, отработка новых технологий, в том числе отработка технологий полетов в дальний космос. Характерным для напланетной деятельности космонавтов будет являться широкое использованием космонавтами транспортных и робототехнических средств, большие объемы работы в скафандрах, отличающиеся от работы в скафандрах при ВКД на орбите Земли [1].

Осуществление пилотируемых полетов к Луне и в дальний космос внесет новые виды работ космонавтов в космическом полете, такие как: управление пилотируемым космическим аппаратом при полете к Луне, выполнение операций при посадке и взлете с Луны, также целевые и научные работы на поверхности Луны. Характерным отличием полета к Луне является деятельность космонавтов по управлению связкой космических аппаратов, например: пилотируемый корабль, лунный взлетно-посадочный комплекс и межорбитальный буксир. Наиболее ответственными операциями будут: посадка на Луну, взлет с поверхности Луны, стыковка с кораблем, посадка на поверхность Земли [2].

Необходимость подготовки космонавтов к новым видам деятельности при выполнении космических полетов потребует адаптации теоретических и практических подходов к управлению процессом подготовки экипажей лунных пилотируемых кораблей на вновь разрабатываемых технических средствах подготовки применительно к лунным экспедициям [3].

Сделан вывод, что в ближайшие годы ряд стран будут осуществлять пилотируемые полеты в окололунное пространство с последующей высадкой на поверхность Луны и осуществлением напланетной деятельности, что требует внедрения новых форм и средств подготовки экипажей кораблей к космическим миссиям. Другим вариантом освоения окололунного пространства является создание лунной орбитальной станции, для чего рассматриваются различные орбиты: низкие, высокие, ГАЛО (HALO) орбиты.

Литература

[1] Кононенко О.Д. Пути совершенствования профессиональной деятельности космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 2(43). – С. 6–18.

[2] К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны / Иродов Е.Ю., Долгов П.П., Коренной В.С., Крючков Б.И., Ярополов В.И. // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 1(26). – С. 71–89.

[3] Курицын А.А. Адаптация теоретических подходов к управлению процессом подготовки экипажей ПКА на технических средствах подготовки применительно к лунным экспедициям // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 3(36). – С. 54–68.

СЕКЦИЯ 2
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОСМОНАВТОВ
(ОТБОР, ПОДГОТОВКА, КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ)

ОБ УЧЕБНОМ КУРСЕ ДЛЯ КОСМОНАВТОВ ПО ОСНОВАМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Батурин Ю.М., Дубинин В.И., Харланов А.С., Куликов И.Н., Крючков Б.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Современный период развития космической отрасли в мире характеризуется интенсивным внедрением технологий искусственного интеллекта (ИИ), который играет все более важную роль в обеспечении новых космических миссий. Перспективные проекты и предложения в данной сфере относятся как к беспилотной, так и пилотируемой космонавтике [1].

На пилотируемом космическом комплексе (ПКК) с помощью ИИ может решаться целый ряд задач, направленных на обеспечение высокой эффективности и безопасности деятельности их экипажей. В частности, к таким задачам следует отнести [2]:

- планирование деятельности экипажей ПКК;
- диагностика технического состояния ПКК в интересах безопасной эксплуатации комплекса;
- оперативная корректировка планов многофакторных космических экспериментов и целевых работ;
- взаимодействие с роботами и др. элементами ПКК, оснащенными системами ИИ;
- поддержка экипажей при выполнении наиболее ответственных задач космического полета (динамические режимы, ВКД и др.);
- поддержка экипажей при действиях в нештатных ситуациях;
- поддержка экипажей при взаимодействии с удаленными объектами (искусственными спутниками, свободно летящими модулями, напланетными средствами и пр.).

Современным инструментарием реализации методов ИИ от небольших спутников CubeSat до глобальных созвездий искусственного интеллекта в космонавтике, в том числе в целях выполнения различных задач, показанных выше, являются [3]:

- экспертные и другие интеллектуальные системы реального времени, обеспечивающие повышение уровня автономности функционирования космических аппаратов (КА) различного назначения;
- нейросетевые и другие технологии, обеспечивающие эффективное решение различных задач, связанных с обработкой больших массивов разнородной информации, а также отдельных изображений и сигналов, в том числе на борту пилотируемых КА;

- мультиагентные технологии автономного управления (в режиме самоорганизации) многоспутниковыми орбитальными группировками;
- интеллектуальные системы, обеспечивающие эффективную поддержку модельно-ориентированного проектирования космических систем и их компонентов;
- робототехнические средства, предназначенные для орбитального обслуживания КА и решения других задач напланетной деятельности (ВКД).

При работе с системами ИИ космонавты должны понимать их роль и место на борту ПКС, возможности и ограничения, способы взаимодействия и алгоритмы принятия решений [4]. Учитывая, что данное направление работ является новым для экипажей пилотируемых космических комплексов, предлагается ввести в процесс обучения космонавтов новый курс по теме: «Основы искусственного интеллекта для космонавтов».

Планируемый курс может быть рассчитан на 40 часов учебного времени.

Структурно в него войдут следующие разделы:

- Краткая история систем ИИ.
- Базовые понятия теории ИИ.
- Виды и классификация ИИ.
- Логика ИИ.
- Критерии применимости ИИ в задачах космического полета.
- Примеры задач, решаемых ИИ в космическом полете.
- Особенности взаимодействия космонавтов и ИИ и другие.

В докладе кратко раскрываются все перечисленные разделы курса, а также приводятся некоторые планы использования ИИ в перспективных пилотируемых программах.

Литература

[1] Балухто А.Н. Нейросетевые системы обработки информации и их применение в космической технике. – М.: СИП РИА, 2000. – 152 с.

[2] Батурин Ю.М., Полубинская С.В. Искусственный интеллект: правовой статус или правовой режим? В журнале «Государство и право», издательство Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт государства и права Российской академии наук (Москва), 2022. – № 10. – С. 141–154.

[3] Гарбук С.В., Губинский А.М. «Искусственный интеллект в ведущих странах мира: стратегии развития и военное применение». – М. «Знание», 2020. – 590 с., илл.

[4] Харланов А.С. Методология применения искусственных нейронных сетей. В книге «Методы исследования экономических процессов», издательство Дипломатической академии МИД России (Москва), 2023. – С. 175–205.

ВАРИАНТЫ ПОСАДКИ И ЭВАКУАЦИИ КОСМОНАВТОВ НА СТАРТОВОМ КОМПЛЕКСЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПТК

Курицын А.А., Шкаплеров А.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина, Звездный городок)

Пилотируемое освоение космического пространства – занятие дорогое, трудоемкое и до настоящего времени в целом являлось прерогативой государства. Одной из важнейших задач при осуществлении пилотируемых полетов является задача обеспечения безопасности экипажа пилотируемого космического корабля. Опыт освоения космического пространства и анализ ситуаций, складывающихся в процессе подготовки к запуску пилотируемых транспортных кораблей (ПТК) на стартовом комплексе (СК), показывает, что в ряде аварийных ситуаций, например, пожар или утечка токсичных элементов, может потребоваться срочная эвакуация экипажа и обслуживающего персонала в процессе предстартовой подготовки [1]. В настоящее время в Российской Федерации создается ПТК нового поколения «Орел», который будет выводиться на орбиту Земли ракетой-носителем (РН) «Ангара-5М» с космодрома «Восточный». Специалистами ракетно-космической отрасли в настоящее время разрабатываются проекты создания специализированного устройства посадки и эвакуации космонавтов для ПТК «Орел» строящегося СК РН «Ангара-5М».

Применительно к космическому ПТК «Орел» с РН «Ангара-5М» в докладе рассмотрены различные возможные варианты посадки космонавтов (стационарный и передвижной) и средства экстренной эвакуации экипажа и персонала (эластичный чулок (рукав); склиз (наклонный желоб), тросовая система, рельсовая система). Для примера рассмотрен вариант экстренной эвакуации экипажа и обслуживающего персонала корабля «Буран» [2, 3].



Рис. 1. Агрегат экстренной эвакуации экипажа и обслуживающего персонала корабля «Буран»

По результатам проведенного анализа сделаны следующие основные выводы:

1. Примеры возникновения аварийных ситуаций на СК различного типа РН показывает необходимость создания средств аварийного спасения космонавтов и персонала на СК космодрома «Восточный» для РН «Ангара-5М» с ПТК «Орел».

2. Результаты рассмотрения вариантов средств спасения экипажей космических кораблей показывают, что для СК РН «Ангара-5М» с ПТК «Орел» наиболее приемлемым вариантом посадки экипажа и экстренной эвакуации является устройство стационарного типа с системой спасения типа «склиз».

Литература

[1] Андреев Н.В. Обзор подходов к построению систем аварийного спасения и эвакуации экипажей. Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2014. – Том 1, выпуск 3. – С. 21–28.

[2] Максимов Г. Новый шаг советской космонавтики. «Энергия» – «Буран». Крылья Родины. – 1989. – № 1. – <https://astronaut.ru/bookcase/article/ar39.htm>.

[3] Курицын А.А., Ярополов В.И. Выбор варианта агрегата посадки и эвакуации космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 4(25). – С. 54–72. – ISSN 2226-7298.

ПРОБЛЕМЫ ГОЛОСОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ЭКИПАЖЕМ И НАЗЕМНЫМИ СЛУЖБАМИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Кондратьев А.С., Маликов А.Е.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Пирогов П.В.
(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)

Проблема организации голосового взаимодействия между экипажем пилотируемого космического аппарата (ПКА) и наземными службами управления существует с момента начала выполнения длительных пилотируемых космических полетов. Увеличение объема и сложности задач, выполняемых экипажем при реализации перспективных программ длительных пилотируемых космических полетов, а также возрастание требований к эффективности использования пилотируемых орбитальных комплексов выдвигают в число первоочередных проблему организации голосового взаимодействия между экипажем ПКА и наземными службами управления.

Для решение данной проблемы в 2018 году специалистами ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» и «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», при-

нимающими непосредственное участие в управлении космическим полетом в Центре управления полетом г. Королёв, были разработаны методические рекомендации по ведению голосовой связи с экипажем Международной космической станции (МКС) на основе приказа Министерства транспорта РФ [1].

Использование данных методических рекомендаций позволило значительно повысить оперативность и эффективность выполнением полетных задач российскими членами экипажа МКС, сократить ошибочную деятельность экипажа.

В докладе рассмотрены основные особенности ведения голосовой связи с экипажем МКС и приведены методические рекомендации по ведению радиообмена с экипажем при выполнении штатных полетных операций, при возникновении нештатной или аварийной ситуации, при выполнении внекорабельной деятельности, а также приведены конкретные примеры правильного ведения радиообмена.

На базе разработанных методических рекомендаций по ведению голосовой связи с экипажем МКС планируется разработать документы, регламентирующие ведение голосовой связи с экипажем перспективной Российской орбитальной станции.

Литература

[1] Приказ Министерства транспорта РФ от 26.09.2012 № 362 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Порядок осуществления радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации».

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКИПАЖЕЙ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ

**Поляниченко А.А., Бубеев Ю.А., Рюмин О.О., Суполкина Н.С.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

Одной из важнейших задач психологического сопровождения длительных межпланетных полетов является сохранение гармонии или эмоционального баланса в смешанном полиэтничном экипаже, то есть способности его членов контролировать проявление своих чувств, свободно выражать эмоции, одновременно не позволяя им управлять собой. Не допускать развития негативных взаимоотношений в экипаже: от неприятия до ненависти. Ключевым элементом при этом являются отсутствие доверия, скупость в межличностных контактах и обмене информацией (иногда профессионально-значимой) с партнерами по экипажу. Опыт медико-психологического сопровождения

полетов совместных международных экипажей по программе «МИР–НАСА», «МИР–ШАТТЛ» и МКС свидетельствует о наличии на первых этапах их подготовки проявлений недоверия между космонавтами и астронавтами России и других стран, нивелируемых и полностью устраненных по мере увеличения времени совместной работы и числа неформальных контактов. Важную роль при этом играло устранение языковых и межэтнических барьеров, повышения уровня взаимопонимания между ними в процессе подготовки. При этом необходимо учитывать, что важными рисками релевантными для командной деятельности являются социальная и физическая изоляция, небольшой и однообразный экипаж, задержки связи между экипажем и Землей, продолжительность полета и комплексного влияния факторов окружающей среды. Каждый из которых влияет на координацию, сотрудничество, психологическое благополучие и командную работу экипажа. Устранение этих рисков является важной задачей, которая должна быть решена на этапе подготовки экипажа, где возможными вариантами таких тренировок могут рассматриваться психологические изоляционные сценарные тренинги, проводимые в условиях моделирующего контура или аналоговых миссий.

Работа поддержана темой РАН № 63.2 «Исследование интегративных процессов в центральной нервной системе, закономерностей поведения и деятельности человека в условиях автономности и под влиянием других экстремальных факторов среды».

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ НОРМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПО ХАРАКТЕРУ ПРОЯВЛЕНИЯ, ДОПУСКАЕМЫХ ЭКИПАЖАМИ
В ХОДЕ КОМПЛЕКСНЫХ ТРЕНИРОВОК НА ТРЕНАЖЕРАХ
ТРАНСПОРТНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОРАБЛЕЙ «СОЮЗ МС»**

**Бикмучев А.Р., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Краев В.М.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Доклад посвящен проблеме возникновения отклонений от норм деятельности (ошибок) экипажей, совершаемых в ходе проведения комплексной подготовки по управлению транспортным пилотируемым кораблем (ТПК) «Союз МС».

Комплексная подготовка космонавтов является основной частью непосредственной подготовки к полету в составе экипажа. Данная подготовка заканчивается экзаменационной комплексной тренировкой (ЭКТ), по результатам которой экзаменационная комиссия принимает решение о подготовленности экипажа к выполнению программы полета на борту ТПК.

В соответствии с существующей в настоящее время методикой оценки деятельности экипажа на ЭКТ по управлению ТПК, оценивание осуществляется исходя из возможных последствий отклонений от нормы деятельности. Однако остаются не ясными начальные причины совершаемых отклонений.

Ошибки можно классифицировать по различным критериям [1–3]. В настоящей работе был выбран вариант классификации ошибок по характеру проявления (ошибки пропуска, включения, следования, своевременности и качества выполнения). Преимуществом данного варианта классификации является достаточность существующих на тренажере методов регистрации деятельности экипажа, и относительная простота соотнесения ошибки нужному критерию. Однако тут же можно отметить, что для дальнейшего анализа причин возникновения зафиксированных ошибок целесообразно внедрять дополнительные средства регистрации деятельности экипажа.

Для распределения ошибок по характеру проявления проанализированы журналы проведения тренировок двух экипажей, готовившихся к космическому полету за периоды их подготовки в дублирующих и основных экипажах (примерно по 1,5 года каждый экипаж), а также протоколы ЭКТ.

В результате выполненных работ, на примере двух экипажей, получены картины распределения ошибок по характеру проявления. Больше всего ошибок допущено по пропуску – 33–40 %. Далее идут ошибки включения и качества – 15–20 %, затем остальные ошибки – 4–9 %. Замечено, что относительные ошибки, допущенные экипажем при проведении тренировок, не превышали 5 %, не были совершены экипажем на ЭКТ. Анализ причин их возникновения позволит в последующем минимизировать вероятность отклонений в процессе выполнения ЭКТ, и впоследствии – в космическом полете.

Литература

[1] Аполлонский С.М., Куклев Ю.В. Надежность и эффективность электрических аппаратов: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 448 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

[2] Плешакова Н.В., Анохин А.Н. Анализ ошибок, допускаемых операторами БЩУ АЭС при использовании эксплуатационных процедур // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2012. – № 4. – С. 45–57.

[3] Инженерная психология и эргономика: учебник для академического бакалавриата / под ред. Е.А. Климова, О.Г. Носковой, Г.Н. Солнцевой. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – Серия: Бакалавр. Академический курс. Модуль.

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ НА КОМПЛЕКСЕ ТРЕНАЖЕРОВ РС МКС ФГБУ «НИИ ЦПК ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА»

Дедков Д.К., Маликова Т.Ю., Тощева А.А., Леговина В.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Орбитальная станция – замкнутая система, обеспечивающая жизнедеятельность экипажа в космическом пространстве. Следствием этого является особая опасность любых аварийных ситуаций на борту станции, так как в полете оказать помощь извне практически невозможно. Действия членов экипажа, выполняемые в случае возникновения аварийных ситуаций, предусмотрены процедурами бортовой инструкции. Бортовые инструкции содержат процедуры по действиям при аварийных ситуациях, схемы люков, процедуры по переносу оборудования, процедуры по использованию индивидуальных средств защиты, организации связи с ЦУП и т. д. [1].

Пожар на МКС является одной из наиболее опасных аварийных ситуаций поскольку может разрушить элементы бортовых систем станции, а в случае повреждения корпуса модуля – привести к его разгерметизации. За короткое время пожар может сделать атмосферу непригодной для жизнедеятельности человека.

Действия, которые необходимо выполнить экипажу при возникновении пожара, чрезвычайно важны и заучиваются космонавтами наизусть на этапе подготовки:

– Если не сработала аварийная сигнализация, необходимо включить ее вручную. Это оповестит всех членов экипажа об аварии, запустит процесс пассивного тушения пожара (отключится вентиляция) и инициирует переход систем в безопасный режим работы.

– Если наблюдается видимый дым или пламя, либо повышены показания анализаторов продуктов горения, необходимо использовать средства защиты органов дыхания.

– При пожаре на РС МКС необходимо найти зону возгорания и источник пожара путем осмотра или по сработавшему датчику на бортовом компьютере, обесточить оборудование в месте возгорания и использовать огнетушитель для тушения пожара.

Для приобретения и поддержания навыков ликвидации пожара на борту РС МКС на комплексном тренажере РС МКС в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» используется система моделирования пожарной обстановки (СМПО).

СМПО решает следующие задачи:

– моделирование пожароопасной обстановки в основных зонах возможного возникновения пожара на борту РС МКС;

– отработку действий экипажа по локализации возможного очага возгорания в условиях задымленной атмосферы с использованием индивидуальных средств защиты.

Система представляет собой установку генерации дыма, которая состоит из генератора дымообразующей смеси, рабочего места оператора с панелью управления, шкафа распределения дымовоздушной смеси, воздуховодов подачи и удаления дыма, системы видеонаблюдения.

С помощью кнопок на панели управления оператор выбирает точку подачи дымовоздушной смеси в соответствии с циклограммой тренировки (рис. 1) и благодаря системе видеонаблюдения контролирует подачу смеси в модуль (рис. 2).



Рис. 1. Оператор установки генерации дыма за работой



Рис. 2. Тренировка по ликвидации пожароопасной ситуации

Система моделирования пожарной обстановки показала высокую эффективность при комплексных тренировках экипажей, когда космонавты в условиях реальной задымленности в изолирующих противогазах отрабатывают действия по ликвидации пожара в соответствии с бортовыми инструкциями. Существующие средства пожарообнаружения и пожаротушения, а также отработанная во время подготовки на Земле стратегия действий экипажа при возникновении аварии обеспечивают безопасность космического полета.

Литература

[1] Тюрин М.В., Маликова Т.Ю., Даркин А.П., Копа Т.А. Пожарная безопасность в космическом полете: опыт и стратегия // 9-ый международный семинар по опасностям пожаров и взрывов. – 2019. – Т. 1. – С. 41–48.

[2] Романов С.Ю., Семенов А.В., Андреева Т.В. Системы и средства обеспечения пожарной безопасности российского сегмента МКС // Каталог «Пожарная безопасность». – 2004.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ РАБОТЫ «ЭКОН-М» ЭКИПАЖАМИ 68-Й И 69-Й ЭКСПЕДИЦИЙ МКС

**Прокопьев С.В., Петелин Д.А., Кикина А.Ю., Федяев А.В., Картунов С.В.,
Кондрат А.И., Прокопенко Ю.П., Смолковский В.В., Темарцев Д.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) является одним из приоритетных направлений космических исследований. Оно направлено, главным образом, на изучение принципов и закономерностей функционирования природных и техногенных объектов, экологическое обследование районов деятельности различных объектов, изучение активизации и протекания опасных природных и техногенных катастроф на поверхности нашей планеты. Результаты выполняемых целевых работ (ЦР) и космических экспериментов (КЭ) ложатся в основу фундаментальных исследований и практических инновационных разработок в направлении повышения качества окружающей природной среды и разработки методик оценки экологического состояния природных и природно-техногенных систем.

В рамках выполнения долгосрочной программы целевых работ в настоящее время на борту российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС) реализуется ряд КЭ и ЦР по ДЗЗ, одной из которых является ЦР «Экон-М».

Постановщиком ЦР «Экон-М» выступает ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Работа выполняется с 2012 г. с целью экологического обследования районов деятельности различных объектов на территории Российской Федерации и зарубежных государств посредством ведения космонавтами визуально-приборных наблюдений с помощью ручных оптических приборов в условиях космического полета с борта РС МКС.

Программа ЦР формируется на основании заявок участников ЦР согласно техническому заданию и методике ЦР. При планировании работ РС МКС ЦР «Экон-М» включают в так называемый «Task list», что подразумевает выполнение космонавтами ее циклограммы при наличии свободного времени.

Технические и приборные возможности РС МКС позволяют проводить в рамках ЦР «Экон-М» исследования, основанные на регистрации электромагнитного излучения земной поверхности в видимом диапазоне спектра, оперативно передавать полученные результаты на Землю для дальнейшего анализа и предоставлять необходимую информацию заинтересованным организациям и участникам ЦР.

С сентября 2022 по сентябрь 2023 годов в соответствии с программой реализации ЦР для 68-й и 69-й экспедиций было запланировано по 50 сеансов

наблюдений в рамках «Экон-М» с временными затратами по 37,5 часов соответственно. Фактически за указанный период космонавты С.В. Прокопьев, Д.А. Петелин, А.Ю. Кикина и А.В. Федяев выполнили 583 сеанса (262 в МКС-68 и 320 в МКС-69) и посветили целевой работе более 310 часов.

Дистанционное зондирование объектов, расположенных на земной поверхности, в рамках ЦР «Экон-М» позволяет получать оперативную информацию о фактическом экологическом состоянии окружающей природной среды в районах их деятельности и обеспечивать оперативной и достоверной информацией участников ЦР и заинтересованные организации для принятия оперативных решений и эффективного планирования городских и иных пространств. Многолетний опыт проведения ЦР «Экон-М» доказал целесообразность и необходимость проведения данного вида работ российскими космонавтами с борта РС МКС и актуальность развития новых методов и направлений исследований.

В докладе будут представлены результаты выполнения ЦР «Экон-М» российскими космонавтами С.В. Прокопьевым, Д.А. Петелиным, А.Ю. Кикиной и А.В. Федяевым в составе 68-й и 69-й экспедиций МКС в 2022–2023 гг.

Литература

[1] Кондрат А.И., Ядренцев А.Н., Картунов С.В., Прокопенко Ю.П. Мониторинг природных катастроф в рамках реализации российскими космонавтами космического эксперимента «Экон-М» с борта РС МКС // Материалы 14 МНПК «Пилотируемые полеты в космос», Звездный городок, 17–19 ноября 2021 г.

[2] Кошенко А.В., Ядренцев А.Н., Прокопенко Ю.П. Результаты выполнения программы космического эксперимента «Экон-М» за 2021 год // Гагаринский сборник, 2022. – Т. 1. – С. 157–166.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ПАРАШЮТНАЯ ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ – ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ КОГНИТИВНОЙ ГИБКОСТИ, КАК ПРОФЕССИОНАЛЬНО ЗНАЧИМОГО КАЧЕСТВА КОСМОНАВТА

Тюрина А.М.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Специальная парашютная подготовка космонавтов (СППК) является важным видом подготовки космонавтов, который способствует формированию у них профессионально важных качеств. В основу данного вида подготовки положена инженерная психология. В данной работе делается предложение в качестве основы дополнительно использовать новый научный базис связанный с организацией центральной нервной системы и когнитивной функцией мозга.

Эффективность использования данной теории подтверждена группой инструкторов практического обучения космонавтов по программе СППК, которая в течение 8 лет проводила исследования в данном направлении.

В профессиональной деятельности космонавта наиболее важной считается способность прогнозирования действий и событий, а также способность оптимизации деятельности в критических ситуациях, характеризующихся следующими условиями – опасностью, быстротечностью, недостатками информационного и методического обеспечения. Данные условия, в силу понятных причин, на тренажерах не воспроизводятся.

Вместе с тем, научно-теоретическое обобщение опыта подготовки специалистов особого контингента позволяет утверждать, что данные профессиональные качества тренируемы, причем очень эффективно. В пользу этого работает и то соображение, что в стрессовых ситуациях человек обучается очень быстро и прочно в силу повышенной мотивации. В данном случае особую важность имеет моделирование именно комплекса названных условий, в отличие от последовательного, покомпонентного их воспроизведения. В этом смысле СППК является тем самым уникальным видом подготовки, воссоздавая вполне адекватную комбинацию.

Когнитивная гибкость – способность человека быстро переключать необходимые механизмы при переходе от одного предмета обсуждения к другому, менять привычный способ мышления в зависимости от ситуации, отказываться от привычных, но не эффективных поведенческих паттернов, адаптировать поведение и стиль мышления к окружающей среде.

Когнитивная функция мозга – наиболее сложная функция, с помощью которой осуществляется процесс рационального понимания, происходящего и обеспечивается восприятие информации, обработка и анализ, запоминание и хранение, обмен. И главное, построение и осуществление программы действий, прогнозирование.

Головной мозг человека, являясь очень большой нейронной сетью, постоянно анализирует сигналы органов чувств, накопленную ранее информацию, строит и корректирует модели происходящих процессов и делает прогнозы на основе этих моделей. Человек принимает решения, действует, руководствуясь этими прогнозами. В случае, когда прогноз оказывается не верным, человек может совершать действия, которые он не ожидает от себя [1].

Материальным носителем информации являются комплексы возбужденных нейронов (нейронные сети). Новые реакции вырабатываются и записываются нервной системой на основе создания новых синаптических связей между имеющимися нейронами, либо на основе изменения эффективности уже имеющихся синаптических связей. Под запоминанием подразумевается

изменение способности одних нейронов возбуждаться при возбуждении других нейронов [2].

Под обучением подразумевается механизм получения и фиксации информации, а под памятью – механизм усвоения, хранения и извлечения этой информации.

Хранение информации – это процесс накопления материала в структуре памяти, включающий его переработку и усвоение. Сохранение опыта дает возможность для обучения человека, развитие его внутренних оценок, восприятия мира, мышления и речи.

Воспроизведение информации – процесс актуализации прошлой информации. Если в процессе воспроизведения возникают трудности, то идет процесс отбора элементов информации, нужных с точки зрения требуемой задачи.

Мозг в процессе обработки информации наращивает количество предоставляемых вариантов путем параллельной обработки данных. Обработка информации приводит к формированию моделей действий, событий, плана действий в виде когнитивных сетей. При формировании такой сети информация ранжируется по степени важности в рамках конкретной задачи и легко позволяет реализовать поиск ответа в огромном объеме информации.

Скорость обработки информации – это компонент когнитивного процесса, ключевой элемент для процесса принятия решения.

Скорость обработки информации может быть определена как время, необходимое человеку для решения задачи [5]. Чем выше скорость обработки информации, тем лучше человек может «распараллеливать» решения задач.

Скорость обработки информации можно тренировать и совершенствовать, наращивая нейронные связи и увеличивая количество нейронных сетей.

Формирование цели и принятие решения зависят не только от содержания поступающей информации, но и от физического и психологического состояния человека. Чем больше мы тренируем мозг в усложненных условиях, тем лучше он работает.

Исходя из вышеизложенного, представляется целесообразным расширить существующую программу СППК задачами и упражнениями, связанные с организацией центральной нервной системы и когнитивной функцией мозга, выполнение которых позволяет более эффективно подготовить космонавтов к выполнению сложно-совмещенной деятельности.

Литература

[1] Бехтерева Н.П. Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. – М.–Л., Медицина, 1971.

[2] Бехтерева Н.П. Нейрофизиологические механизмы мышления. – Л., Нука, 1995.

- [3] Харламов А.А. Ермоленко Т.В. Нейросетевая среда (ассоциативная память) для преодоления информационной сложности.
- [4] Букалов А.В. Психоинформационное пространство и структура событий в физическом пространстве времени. – № 2.
- [5] Мифтахутдинова А.М. Восприятие течения времени человеком.
- [6] Салимова Д.А., Данилова Ю.Ю. Время и пространство. Теория и опыт исследования. – М.: Флинта, 2009. – 200 с.

ЛИНГВОМЕТОДИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ ИНОСТРАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА

Супрун И.В.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Русский язык всегда был и остается языком межнационального общения для народов России и других стран. 2023 год объявлен в СНГ Годом русского языка как языка межнационального общения [1]. Дисциплина «Русский язык» входит в типовую программу подготовки иностранных участников космических полетов в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК).

Методика обучения русскому языку как иностранному (РКИ) опирается на идеи коммуникативной лингвистики, в частности на такие:

- формирование коммуникативной компетенции (КК) происходит в ситуациях общения, которые служат стимулом для возникновения речевой интенции и для реализации речевого акта в целом;
- наличие у обучающегося КК на изучаемом языке предполагает владение иностранным языком [2].

Основные задачи подготовки по русскому языку иностранцев в ЦПК – обеспечить обучаемым владение языковым материалом, сформировать умение оперировать им; формировать у обучаемых навыки и умения видов речевой деятельности (аудирование, говорение, чтение, письмо) в рамках ситуаций учебно-профессионального общения.

Подготовка иностранных специалистов по русскому языку в ЦПК организуется с учетом их уровня владения русским языком и речевого содержания ситуаций учебно-профессиональной сферы общения, актуальных для обучаемых.

Отбор учебного материала для занятий по русскому языку должен базироваться на содержании речевых ситуаций (РС) учебно-профессионального общения, актуальных для контингента обучаемых.

Составлен реестр РС учебно-профессионального общения, в которых иностранные специалисты могут осуществлять речевую деятельность на русском

языке в процессе подготовки к космическому полету и во время самого полета. Анализ текстов, функционирующих в этих РС (учебные пособия, фрагменты лекций и диалоги на тренировках), показал, что лингвистическая природа данного текстового массива неодинакова.

Тексты теоретического плана относятся к естественно-научному и научно-техническому подстилям научного стиля русского литературного языка. Учебный монологический текст включает несколько мини-текстов. Мини-тексты делятся на описательные и аргументативные в зависимости от коммуникативной цели, или намерения автора. В описательных мини-текстах часто используются конструкции предложений, означающих дефиницию, квалификацию объекта; структуру, состав объекта; его назначение; размещение элементов. В аргументативных мини-текстах наблюдается частотность конструкций со значением свойства, качества предмета; долженствования или возможности действия; произвольного действия, которое происходит под влиянием внешних условий, причин; усиления внимания на объект, а не на субъект действия (пассивная конструкция с глаголом-предикатом страдательного залога).

В предложениях мини-текстов аргументативного типа регулярно используются предложно-падежные конструкции со значением времени, условия действия, способа действия. В этих конструкциях в основном употребляются отглагольные существительные. Для англоговорящих обучаемых знание и усвоение отглагольных существительных важно.

После специальной теоретической подготовки проводятся практические занятия с целью отработать навыки, умения по эксплуатации корабля «Союз», российского сегмента МКС и оборудования. На практических занятиях происходит профессиональное речевое общение между членами экипажа, между экипажем и ЦУПом, руководителем полета.

Иностранцам членам экипажа необходимо хорошо знать программу полета, содержание обязанностей всех членов экипажа, уметь читать, понимать книги бортовой документации. В силу этого задача преподавателя русского языка помочь иностранцам овладеть необходимыми знаниями, сформировать навыки и умения, требуемые во время полета.

Речевое общение на практических занятиях обслуживаются особым языком специальности, который имеет набор лексических единиц и грамматических конструкций, необходимых для общения в операционально-профессиональной сфере деятельности. В таблице «Ситуации на тренажерах / во время полета» собраны типовые речевые ситуации, их подтемы и текстовое наполнение. Композиция диалоговых текстов обусловлена четким выполнением участниками общения функциональных обязанностей и регламентом времени в течение космического полета. Структурно-содержательный анализ текстов

данных диалогов позволяет говорить о наличии трех речевых жанров: доклада, репортажа и жанра указаний.

Частотное языковое средство, которое используют участники диалогов, – это глагол в видовременных формах, в формах активного и пассивного залога, императива. Обучаемым предлагается система упражнений и заданий на образование и понимание данных глагольных форм, на корректное использование их в речи.

Знание особенностей языка, используемого на занятиях теоретического плана и на практических занятиях, заучивание частотных лексико-грамматических конструкций, формирование речевых навыков и умений на базе изученного языкового материала облегчает иностранцам профессиональное речевое общение в процессе подготовки к космическому полету и во время самого полета.

Литература

[1] Алексеев Дмитрий, Михальченко Наталья. «Дан великому народу»: РЯ вошел в пятерку наиболее конкурентоспособных. (Источник: Известия от 02. 04. 2022).

[2] Крючкова Л.С. Практическая методика обучения русскому языку как иностранному. Учеб. пособие для начинающего преподавателя, для студентов-филологов и лингвистов, специализирующихся по РКИ / Л.С. Крючкова, Н.В. Мощинская. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 480 с.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛЕКСИКА В ПОДГОТОВКЕ КОСМОНАВТОВ ПО АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

Иванчина О.Ю.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В начале третьего тысячелетия английский язык – самое распространенное средство общения в международном масштабе: в авторитетных источниках отмечается, что каждый четвертый житель планеты (около 2 миллиардов людей) использует его в одном из трех качеств – родной язык, государственный язык, иностранный язык [1, 2]. В связи с этим английский язык признан глобальным языком.

В Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) дисциплина «Английский язык» входит в типовую программу подготовки космонавтов к космическому полету. Владение английским языком необходимо космонавтам для выполнения учебных и профессиональных задач, так как специфика их профессиональной деятельности предполагает взаимодействие с иностранными коллегами – членами межнациональных экипажей, а также иностранными специалистами во время подготовки на базах агентств-партнеров.

Обучение космонавтов английскому языку организуется в рамках технической и комплексной подготовки к космическому полету с учетом их уровня владения языком и речевого содержания ситуаций учебно-профессионального общения.

На этапе общекосмической подготовки программа обучения английскому языку космонавтов включает такие разделы как 1) подготовка к космическому полету (тренировки в гидролаборатории, полеты на невесомость, специальная парашютная подготовка, выживания и др.), 2) космический полет (взаимодействие с центрами управления полетами, жизнь и работа на Международной космической станции (МКС), внекорабельная деятельность и др.).

На этапе подготовки космонавтов в группах специализации и совершенствования, а также при подготовке в составе экипажа в программу включены узконаправленные темы, в частности подготовка по транспортному пилотируемому кораблю и МКС, по космической медицине, по робототехнике.

Язык пилотируемой космонавтики представляет собой специальный подъязык, т.е. совокупность языковых средств, используемых в ходе устной и письменной коммуникации между специалистами.

При отборе учебного материала для занятий по английскому языку особое внимание уделяется специальной лексике космической направленности. Специальной лексикой принято называть лексику, которая употребляется в профессиональных сферах общения для обозначения специальных понятий соответствующей области знания. К специальной лексике принято относить терминологическую лексику и профессионализмы, которые присутствуют как в письменной, так и в устной речи [3].

Среди терминологической лексики пилотируемой космонавтики можно выделить три слоя: общенаучная/общетехническая терминология, межотраслевая терминология и собственно отраслевая терминология. Первый слой терминологической лексики образует понятийный фонд науки и техники: gyroscope «гироскоп», device «устройство, приспособление», toggle switch «тумблер». Межотраслевая терминология используется в ряде отраслей: roll – авиа., косм. «крен», maneuver – авиа., воен., косм. «маневр, прием, динамическая операция», crew – авиа., мор., воен., тех. «экипаж, команда, личный состав». Отраслевая терминологическая лексика закреплена за определенной научной дисциплиной, отраслью производства или техники, например, в космической отрасли: space vehicle «космический корабль», spacesuit «скафандр», extravehicular activity «внекорабельная деятельность».

Внутри отраслевой терминосистемы выделяют узкоспециальные терминологии, характерные для каких-либо дисциплин отрасли или принадлежащие определенным подотраслям [4].

Понятийный фундамент отраслевой космической терминологии составляют узкоспециальные термины по ракетно-космической технике (international space station, spacecraft, launch-vehicle, cosmodrome, vertical-launch system, ground station, mission control center, payload, jet engine, telemetry system, etc.); по бортовым системам и оборудованию (electrical power system «система электропитания», power distribution unit «блок распределения электроэнергии»); по аэродинамике (например, aerodynamic force, dynamic velocity, speed of sound, dynamic pressure, drag, lift, etc.); по робототехнике (например, robotic arm, robotic wrist, joint, operator, actuator, interface, etc.); по космической медицине (space motion sickness, flight surgeon, medical kit, first aid, adaptation syndrome, etc.).

Профессионализмы (профессиональные жаргонизмы) также используются во время подготовки космонавтов, например: сору «принято», scrub «отмена пуска ракеты», Go/No Go «есть разрешение на продолжение операций/отмена», Go for launch «есть разрешение на старт», hazmat suit «защитный костюм».

Наряду с терминологией и профессионализмами в учебно-профессиональном общении космонавтов широко распространены сокращения, которые используются для обозначения названий организаций, космических агентств, космических аппаратов, ракет, двигателей, систем и подсистем, приборов и оборудования, экспериментов и др. Употребление сокращений позволяет уменьшить количество страниц бортовой документации и способствует общению космонавтов и астронавтов со специалистами по системам корабля и МКС. В то же время это затрудняет восприятие информации для других специалистов космической отрасли, в том числе, переводчиков и преподавателей английского языка.

Практика обучения космонавтов английскому языку показала, что знание и умение использовать англоязычную специальную лексику чрезвычайно важно для успешной профессиональной деятельности во время подготовки к космическому полету и во время самого полета.

Литература

- [1] Назарова Т.Б., Преснухина И.А. Региональное варьирование в деловом общении на английском языке. – Владимир: Астрель, 2009. – 255 с.
- [2] Crystal D. The Cambridge Encyclopedia of the English Language. Third Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. 573 p.
- [3] Гринев С.В. Введение в терминоведение. – М.: Московский лицей, 1993. – 309 с.
- [4] Гринев-Гриневиц С.В. Терминоведение. – М.: Академия, 2008. – 304 с.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНОГО ЗАПОМИНАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ПО СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЕЙ МКС

Васильев М.В.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

На всех этапах подготовки космонавтов к выполнению задач космического полета обучаемым приходится осваивать большой объем информации, связанной с эксплуатацией и обслуживанием бортовых систем пилотируемых космических аппаратов, выполнением целевых работ, космических и медицинских экспериментов и многого другого. Часто эту информацию требуется запоминать за относительно короткий промежуток времени, а помнить длительный период времени, преимущественно равный всему периоду профессиональной деятельности космонавта. Закономерно встает вопрос о выборе способов эффективного усвоения учебного материала и длительного поддержания высокого уровня знаний.

В конце 19 века немецкий психолог Герман Эббингауз исследовал свойства памяти. Он установил, что в течение первого часа мы забываем более 50 % полученной информации, а через 10 часов от нее остается всего 35 %. Дальше скорость забывания уменьшается: через 6 и 30 дней мы помним примерно одинаковое количество выученного материала – около 20 %. Эти результаты ученый назвал «кривой забывания» [1]. Экспериментальным путем психологи установили оптимальные промежутки времени, через которые необходимо повторять изученный материал, чтобы быстро выучить и не забыть информацию [2]. Этот способ запоминания назвали «интервальным повторением». Вместе кривая забывания и интервальные повторения составляют основу метода интервального запоминания.

В докладе представлен опыт использования метода интервального запоминания в процессе подготовки космонавтов по системе управления инвентаризацией МКС. Отмечен значимый положительный эффект использования этого метода с точки зрения скорости запоминания и качества усвоения учебного материала. Предложена концепция использования метода интервального запоминания в процессе подготовки космонавтов по служебным бортовым системам российского сегмента МКС.

Литература

- [1] Хорошевский Н.И. Современные методы развития памяти и мышления. Изд.-торговая корпорация «Дашков и К». – М.: Наука-Спектр, 2008. – 252 с.
- [2] Васильева Е.Е., Васильев В.Ю. Суперпамять для всех. – М.: Аст, 2006. – 71 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ ЛУННЫХ ПКА

Курицын А.А., Шкаплеров А.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В настоящее время ряд ведущих космических держав заявили о подготовке к выполнению пилотируемых лунных миссий, что требует создания новых пилотируемых космических аппаратов (ПКА): пилотируемого транспортного корабля, лунных взлетно-посадочных комплексов, лунных модулей. На качество подготовки космонавтов к полету основное влияние оказывает содержание программы подготовки космонавтов и наличие технических средств подготовки космонавтов (ТСПК). Процесс формирования программ подготовки космонавтов на ТСПК лунных пилотируемых аппаратов должен носить научно обоснованный характер, опирающийся на опыт подготовки экипажей отечественных ПКА.

В соответствии с программой полета лунной экспедиции на борту ПКА космонавт будет выполнять определенное количество N полетных операций O_i . При этом, вероятность выполнения им i -й операции будет равна $P(O_i)$. Введем понятие значимости полетной операции – $\alpha_{\text{зн}}(O_i)$. Значимость полетной операции $\alpha_{\text{зн}}(O_i)$ будет отражать в количественной форме степень ее влияния на результаты выполнения программы полета лунной экспедиции и может быть представлена в виде числа с интервалом значений от 0 до 1 [1]. Тогда качество подготовки космонавта к выполнению программы лунной экспедиции может быть оценено выражением [2]:

$$W = \sum_{i=1}^N P_i(O_i) \alpha_i(O_i). \quad (1)$$

Если показатель качества подготовки экипажей лунных экспедиций на ТСПК представить как зависимость от параметров управления подготовкой, получим:

$$W_{\text{подг}} = f[X, U, F, I, K], \quad (2)$$

где параметры управления подготовкой экипажей на ТСПК:

X – множество текущих показателей космонавта как объекта управления в процессе тренировок на ТСПК;

U – множество управляющих воздействий, вырабатываемых средствами ТСПК, инструктором или самостоятельно космонавтом с целью управления процессом подготовки;

F – внешнее возмущающее воздействие среды (количество и качество ТСПК, условия проведения тренировок, степень подготовленности инструкторского состава, эмоциональные воздействия на космонавта);

I – множество показателей подготовленности (обученности) космонавта на ТСПК;

K – множество корректирующих воздействий.

При известной зависимости показателей экипажа в процессе подготовки по лунной программе, полученных на основании анализа деятельности космонавтов в процессе тренировок, и учета начального уровня подготовленности членов экипажа L_0 :

$$\frac{dX}{dt} = f[L_0, U, F, I, K], \quad (3)$$

может быть математически формализована задача управления подготовкой экипажа ПКА по лунной программе:

при известных показателях деятельности космонавтов (членов лунной экспедиции) X в процессе подготовки на ТСПК определить оптимальные векторы параметров управления U^ и корректирующих воздействий K^* для подготовки экипажей лунных экспедиций:*

$$\{U^*, K^*\} = \underset{U, K}{\text{Arg max}} W_{\text{подг}}(L_0, X, F, I, U, K), \quad (4)$$

доставляющих функции качества подготовки $W_{\text{подг}}(L_0, X, U, F, I, K)$ максимальное значение, но не ниже требуемого $W_{\text{подг}}(L_0, X, U, F, I, K) \geq W_{\text{тр}}$ с учетом предъявляемых ограничений.

+Наличие изменяющихся условий подготовки экипажей лунных экспедиций и необходимость учета разнообразных внешних воздействий среды F в процессе подготовки требуют при проведении исследований использования методов и средств теории адаптивного автоматизированного управления [3].

Литература

[1] Определение основных управляющих параметров подготовки экипажей Международной космической станции на комплексных и специализированных тренажерах / А.А. Курицын, Ю.И. Онуфриенко, А.А. Ковинский, В.А. Копнин // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 3(20). – ISSN 2226-7298.

[2] Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов летательных аппаратов / Л.С. Демин, Ю.Г. Жуковский, А.П. Семенов и др.; Под ред. В.Е. Шукшунова. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.

[3] Теоретические основы автоматизированного управления: Учеб. для вузов. Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовский. – М.: Высш. шк., 2006. – 463 с. – ISBN 5-06-005496-9.

ОБЪЕКТИВНЫЕ ТРУДНОСТИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ПО СИСТЕМАМ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ ИЗ УРИНЫ РС МКС И НЕПРЕДВИДЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭТИХ СИСТЕМ

**Дедков Д.К., Тощева А.А., Леговина В.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В условиях длительного орбитального полета одним из определяющих факторов для жизнедеятельности экипажа является вода. По результатам эксплуатации орбитальных станций «Салют», «Мир» и МКС установлено, что одному члену экипажа в сутки необходимо 4,2 л воды. На МКС вода используется для питья, восстановления сублимированных продуктов питания, санитарно-гигиенических процедур, смывной воды в системе АСУ и получения кислорода методом электролиза в системах «Электрон-ВМ» в служебном модуле и многоцелевом лабораторном модуле [1]. Доставка воды с Земли на орбиту обходится весьма дорого (по данным на 2022 г. стоимость составила примерно 1,6 млн руб./кг), что потребовало разработки систем регенерации воды на борту орбитальной станции. Одна из таких систем – система регенерации воды из урины.

В 2018 году в малом лабораторном модуле (МИМ-1) МКС начался эксперимент «Сепарация» с научной аппаратурой СРВ-У-РС. Система способна производить до 3,5 л конденсата из урины в час. Объемный коэффициент извлечения воды из урины составляет 85–87 %.

С начала космического эксперимента в системе было получено более 200 л воды, которые были использованы экипажем на питье и приготовление пищи с предварительной доочисткой в системе регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М.

В 2021 году состоялся долгожданный запуск многофункционального лабораторного модуля «Наука», на борту которого находится система регенерации воды из урины СРВ-УМ. Принцип работы СРВ-УМ такой же, как у СРВ-У-РС – вакуумная дистилляция в центробежном многоступенчатом дистилляторе. Однако, конструктивно системы отличаются кардинально. Урина в емкости подпитки системы подается напрямую из установленной в модуле системы АСУ-СПК-УМ, а из емкости с полученным в ходе дистилляции конденсатом можно подпитывать емкость для смывной воды той же АСУ-СПК-УМ, емкость для воды системы получения кислорода путем электролиза «Электрон-ВМ» или подавать в кабину экипажу для проведения гигиенических процедур. На 2023 год процесс дистилляции в системе не был запущен по причине негерметичности некоторых блоков системы.

Несмотря на высокие показатели и стабильность работы систем в Земных условиях, летная отработка изделия выявила серьезные недостатки в их работе [2, 3].

Объективными трудностями подготовки космонавтов по системам регенерации воды из урины являются:

- необходимость постоянной адаптации курса подготовки;
- различия в логике управления двух систем одинакового функционального назначения, что ведет к дискомфорту экипажа в процессе работы;
- в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» на комплексе тренажеров РС МКС отсутствуют полунатурные модели СРВ-У-РС и СРВ-УМ;
- практические занятия с космонавтами на сегодняшний день, проводящиеся на комплексном стенде в РКК «Энергия» и в НИИХиммаш носят условный характер.

К непредвиденным проблемам в процессе эксплуатации систем СРВ-У можно отнести:

- отличия химического состава урины человека в космосе от химического состава урины на Земле;
- непригодность мембранных вакуумных насосов для работы с влажными газами;
- незащищенность подшипников вращения ротора дистиллятора от агрессивной среды.

В перспективной Российской орбитальной станции (РОС) целесообразнее учесть опыт эксплуатации системы СРВ-У-РС, т. к. система СРВ-УМ уступает ей по своим характеристикам.

Литература

[1] Перспективы развития систем регенерации воды обитаемых космических станций / Л.С. Бобе, Н.М. Самсонов, В.М. Новиков, А.А. Кочетков, В.А. Солоухин, А.А. Телегин, П.О. Андрейчук, Н.Н. Протасов, Ю.Е. Синяк // Известия РАН. Энергетика. – 2009. – № 1. – С. 69–78.

[2] Тощева А.А., Дедков Д.К. Итоги эксплуатации системы регенерации воды из урины на Международной космической станции // Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 2. – Калуга: ИП Стельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»), 2022 – С. 234–238.

[3] Применение центробежной вакуумной дистилляции для регенерации воды из урины и санитарно-гигиенической воды на космической станции / П.О. Андрейчук, Д.В. Аракчеев, Л.С. Бобе, А.Г. Железняков, А.А. Кочетков, С.Ю. Романов, Н.А. Сальников // Космическая техника и технологии. – 2020. – № 4(31).

ИНТЕГРАЦИЯ МАНИПУЛЯТОРА ERA В РОССИЙСКИЙ СЕГМЕНТ МКС И МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРЕНАЖЕРНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Кондратенко М.В., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Савинцев А.Ю., Титов К.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Для реализации российской программы научно-прикладных исследований и экспериментов на борту Международной космической станции был создан новый многоцелевой лабораторный модуль. 21 июля 2021 года был совершен запуск модуля МЛМ на орбиту, а уже 29 июля 2021 года произведена стыковка модуля с МКС. На поверхности модуля МЛМ в стартовой конфигурации был установлен манипулятор ERA на специализированных базовых точках.

ERA является симметричным, шагающим манипулятором с семью шарнирами. Манипулятор предназначен для работы с полезными грузами на поверхности станции, обслуживания российского сегмента Международной космической станции (МКС) и для поддержки задач внекорабельной деятельности (ВКД). Симметричная конструкция (две кисти с исполнительными органами, называемыми «захватами» (End Effectors) позволяет ERA перемещаться по поверхности российского сегмента, используя специализированные интерфейсы, называемые летными базовыми точками [1, 2].

Для эксплуатации манипулятора на МКС после запуска был создан план интеграции ERA в российский сегмент МКС (орбитальная валидация) или простыми словами приведение манипулятора из стартовой конфигурации в конфигурацию хранения с сопутствующим дооснащением манипулятора различными элементами (подсистемами) и проверками (тестами) работы всех систем [3].

План интеграции включал в себя 5 полетных миссий и некоторые из этих миссий сопровождалась ВКД [4]:

- миссия проверки пультов и манипулятора под ЭВТИ и взаимодействию операторов во время выполнения задач (ВКД-52);
- миссия инициализации (ВКД-53);
- миссия проверки тормозов;
- миссия тестового переноса полезного груза (ВКД-54);
- миссия проверки характеристик манипулятора.

По завершению орбитальной валидации ERA была поставлена задача по переносу манипулятором ERA радиатора-теплообменника (РТОд) и шлюзовой камеры (ШК) с поверхности модуля МИМ-1 и последующей установкой их на поверхность модуля МЛМ в рамках выходов в открытый космос

(ВКД-56, 57). Для выполнения поставленной задачи необходимо было подготовить членов экипажа к взаимодействию во время выполнения циклограммы ВКД, а также во время ручного выравнивания РТОд и ШК относительно узлов стыковки и самой установкой данных элементов на модуль МЛМ.

Подготовка космонавтов к операциям ВКД проводится в гидролаборатории ЦПК, а операторов ERA на тренажере «Дон-ERA». Для выполнения задач ВКД-56, 57 руководством ЦПК было принято решение об объединении гидролаборатории и тренажера «Дон-ERA» для проведения совместных комплексных тренировок космонавтов.

В докладе будет приведено краткое описание состава робототехнического комплекса ERA, выполненных миссий, комплекса работ по коммуникационному объединению тренажера «Дон-ERA» с главным постом управления гидролаборатории, а также результаты проведения уникальных тренировок.

В результате выполненной работы по объединению тренажера «Дон-ERA» и гидролаборатории уровень подготовки космонавтов к подобного рода задачам в Центре подготовки космонавтов существенно вырос, что очень высоко оценили космонавты и инструкторы, а также подтверждает успешность выполненных работ.

В ближайшем будущем планируются работы по эксплуатации ПРМ в рамках задач ВКД, по эксплуатации шлюзовой камеры и манипулятора ERA для выполнения задач научной программы российского сегмента МКС.

Появление на российском сегменте МКС такой новой системы как манипулятор ERA расширяет спектр выполняемых задач на орбите и возможности проведения новых экспериментов в открытом космосе.

Литература

[1] Начало новой эры – URL: <https://www.roscosmos.ru/33594/> (дата обращения 28.09.2023).

[2] Космические робототехнические комплексы на Международной космической станции / М.В. Кондратенко, К.А. Титов, А.М. Салаев // Пилотируемые полеты в космос. – 2014. – № 3(12). – С. 80–91.

[3] Основные результаты подготовки и деятельности 65-й и 66-й экспедиции МКС при выполнении программы космического полета / А.Н. Шкаплеров, П.В. Дубров, А.И. Кондрат, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров, В.А. Копнин // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 3(44). – С. 5–10.

[4] Основные результаты подготовки и деятельности 67-й экспедиции МКС при выполнении программы космического полета / О.Г. Артемьев, Д.В. Матвеев, С.В. Корсаков, А.И. Кондрат, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров, И.Ю. Тарасов // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 1(46). – С. 11.

АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА МОТИВАЦИОННЫХ ЭССЕ ПРЕТЕНДЕНТОВ – УЧАСТНИКОВ ОТКРЫТОГО КОНКУРСНОГО ОТБОРА В КОСМОНАВТЫ

**Беляева А.Д., Усов В.М.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Методология проведения конкурсного отбора кандидатов в космонавты предполагает постоянное совершенствование инструментов отбора в работе экспертных групп, формируемых с привлечением ведущих специалистов отрасли [1]. Сжатые сроки, отводимые на очное взаимодействие конкурсантов и специалистов государственной комиссии при проведении набора в «Отряд космонавтов» ГК «Роскосмос», повышают ценность оперативно собранной от участников конкурса информации, отражающую их мотивационный настрой, личную заинтересованность и профессиональную направленность, а также способности письменно изложить свои взгляды, установки и представления о новой профессии. С этой целью на этапе очного прохождения процедур отбора участников открытого конкурсного набора предусмотрено заслушивание «мотивационного эссе» каждого претендента. Нормативная база и процедуры этого вида опросных данных о конкурсантах в настоящее время требуют определенной доработки в отношении методического и аналитического аппарата для обобщения получаемых данных на выборке данных серии этапов отбора. Этим определяется актуальность постановки темы доклада. Ценность эссе повышается в том случае, когда вербализированный претендентом «мысленный образ предстоящей деятельности» и предполагаемая форма занятости в профессии освещает сферу интересов индивида, его личностную зрелость, способность логично изложить намерения и аргументировать свою позицию. Этот зафиксированный в свободной письменной форме изложения контент облегчает претенденту установление контактов при очном диалоге с экспертами при публичном отстаивании понимания ролевой позиции в новой профессии, освещении личностных смыслов. Из теоретических работ по вопросам отбора известны подходы, позволяющие преодолеть некоторые из методических ограничений прямого анкетирования о побудительных мотивах конкурсантов, в частности, предложен практический способ выделения и систематизации ключевых индикаторов вербального контента для экспресс-анализа. Предлагаемый подход позволяет осуществить сбор экспертных оценок в балльной шкале и в дальнейшем – использовать инструменты контент анализа содержания текста эссе. При экспресс-анализе такого контента предлагается использовать критерии выделения семантически значимых фрагментов текста. Выбор в качестве теоретических конструкторов экспресс-анализа субъективных

семантик дает основания для дифференциации отношений человека к объектам мира, так или иначе соотносящихся с его текущей и желаемой профессиональной принадлежностью. Одной из таких характеристик для описания индивидуального мира профессии и степени его личностного принятия является «профессиональная направленность». В этом исследовании профессиональная направленность понимается как «...своеобразный показатель избирательной активности человека по отношению к предметным областям социально обусловленной деятельности». Применимость семантических исследований к характеристике профессиональной направленности обеспечивается тем, что в зависимости от жизненного и профессионального опыта индивид придает разный личностный смысл описываемым обобщенным категориям, отражающий социокультурные различия, условия развития, личностного и профессионального становления и т. п.

Предлагаемый подход к структурированию контента, позволяет выполнить задачи выделения значимой информации о профессиональной направленности претендентов-участников открытого конкурсного отбора в космонавты и последующего экспресс-анализа по системе бальных оценок полноты освещения значимых для экспертов вопросов в объеме зрелости суждений кандидатов в космонавты в отношении их выбора профессионального самоопределения.

Литература

[1] Основные результаты конкурсного отбора кандидатов в космонавты в 2017–2018 гг. / П.Н. Власов, Ю.И. Маленченко, Б.И. Крючков, А.А. Курицын, М.М. Харламов, В.И. Почуев, В.Г. Корзун, В.П. Матвеев, Р.Р. Каспранский, Л.В. Войтулевич, А.В. Васин, В.М. Усов, В.Ю. Самарцев, А.С. Кондратьев, А.И. Крылов, В.Г. Назин, Е.В. Андреев, А.Д. Беляева // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 1(30). – С. 32–44.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

**Дмитриев В.Н., Ковинский А.А., Филиппов О.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Подготовка к полету в космос – это долгий и трудоемкий процесс, который занимает годы. Для обеспечения эффективной подготовки космонавтов, уменьшения времени и средств, выделяемых на подготовку, необходимо использовать все современные цифровые инструменты.

Интерактивное учебное пособие – это электронное средство обучения, которое является самостоятельным источником учебной информации или

дополняет учебник [2]. Исследования психофизиологических особенностей восприятия и усвоения информации показали следующее: текстовое представление информации дает только до 20 % усвоения информации; презентации и видеоролики – до 50 %; визуализация (тренажеры, интерактивные инструкции) – 90 % [1]. Тем самым, интерактивные учебные пособия являются одними из эффективных способов обучения, которые могут быть изучены в любое время и в любом месте с помощью персональных компьютеров, смартфонов и планшетов. Существует шесть этапов разработки и внедрения интерактивных учебных пособий: подготовка (анализ), проектирование ТЗ, разработка, размещение (опубликование), экспертиза и внедрение в практику. Каждый этап важен для реализации данного проекта, но изучим более подробно этап разработки интерактивных учебных пособий.

Интерактивные учебные пособия могут включать следующие элементы [1–2]:

1. Интерактивные презентации (онлайн-курсы). Интерактивные презентации (онлайн-курсы) с различными анимациями, фото- и видеоматериалами позволяют космонавтам максимально углубиться в процесс подготовки к космической миссии.

2. Видеоуроки. Видеоуроки позволяют космонавтам качественно и удобно изучить дисциплину или повторить необходимый материал.

3. Иллюстрации и схемы. Использование графических элементов помогает лучше понимать технические аспекты космической техники.

4. Тесты и опросники. Помимо типичных ответов на контрольные вопросы, дополнительно можно оценить уровень знаний с помощью различных тестов и опросников.

5. Гиперссылки на дополнительные материалы или предметы. Гиперссылки на дополнительные материалы или предметы могут обеспечить непрерывность обучения космонавтов. Тем самым космонавтам доступны новые знания и умения по каждому конкретному аспекту.

Для разработки интерактивного учебного пособия нужно использовать определенные инструменты, с которыми нужно уметь работать. Традиционные инструменты, используемые для разработки учебного пособия в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина [3]:

- текстовые редакторы: Microsoft Word (.docx), Adobe Acrobat Reader (.pdf);
- схемы и диаграммы: Microsoft Excel (.xlsx);
- презентации: Microsoft PowerPoint (.pptx, .mp4, .pdf и др.);
- видеоредакторы: Adobe Premier (.proj, .mp4, .avi, .flv, .mp3 и др.);
- фоторедакторы: Microsoft Paint (jpg, .png, .tiff и др.), Adobe Photoshop (.psd, .jpg, .png, .tiff и др.).

К сожалению, данных инструментов недостаточно, чтобы разработать все элементы интерактивных учебных пособий, которые будут состоять из онлайн-курсов, видеоуроков, тестов и опросников. Основным форматом интерактивных учебных пособий – это SCORM 1.2 и 2004 (.html5). В докладе предлагаются примеры использования новых инструментов с поддержкой данного формата.

Литература

[1] Кириллов А.В. Интерактивные учебные пособия как средство подготовки будущих специалистов / А.В. Кириллов, С.О. Безбородов, Д.В. Назаров. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 3 (450). – С. 91–95. – URL: <https://moluch.ru/archive/450/99141/> (дата обращения: 20.06.2023).

[2] Шаповалов М.И. Создание интерактивного учебного пособия: организация образовательной деятельности в соответствии с ФГОС. – URL: <https://edu.1sept.ru/courses/EW-21-042> (дата обращения: 10.06.2023).

[3] Шукшунов В.Е. Учебный комплекс подготовки космонавтов с возможностью дистанционного доступа / В.Е. Шукшунов, В.В. Янюшкин, М.М. Харламов и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 4(37). – С. 57–71. – ISSN 2226-7298.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ ФГБУ «НИИ ЦПК ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА» ПРИ ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ ПОСЛЕПОЛЕТНОГО МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО РАЗБОРА

**Дмитриев В.Н., Темарцев Д.А., Кондрат А.И., Маликов А.Е., Ковинский А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В период полета экспедиций МКС российские члены экипажей выполнят большой объем работ по различным направлениям программы полета:

- прием новых транспортных пилотируемых (ТПК) и грузовых кораблей (ТГК), развертывание и дооснащение российского сегмента (РС) МКС новыми модулями, эксплуатация и техническое обслуживание (ТО) бортовых систем (б/с), приборов и оборудования, выполнение ремонтно-восстановительных, разгрузочно-погрузочных работ, бортовых тренировок, фото- и видеосъемке, работы по связи с общественностью (символической деятельности) и др.

- выполнение ВКД и эксплуатации средств обеспечения ВКД, сведения об отказах, проявлениях НшС, с анализом причин отклонений в работе экипажа и средств обеспечения в ходе ВКД и мероприятий по выходу из них;

- выполнение программы научно-прикладных исследований и целевых работ (НПИ/ЦР) и эксплуатации научной аппаратуры (НА) РС МКС, используемой при проведении НПИ/ЦР;

– выполнение медицинских операций (медобеспечения), включая выполнение медконтроля и системы физических тренировок космонавтов, использование бортовых технических средств медконтроля и профилактики (БТСМКП) и средств оказания медицинской помощи (СОМП) в экспедициях МКС и др.

В целях обеспечения эффективной и безопасной деятельности экипажей и разработке предложений по совершенствованию подготовки космонавтов специалисты ЦПК в ходе полетов экспедиций МКС осуществляют систематический контроль за полетом и действиями экипажей на основе ежесуточного сбора, анализа и систематизации информации из Центра управления полетом г. Королев (ЦУП-М).

После завершения космического полета экспедиции российские члены экипажа МКС участвуют на базе ЦПК в послеполетном МВР по анализу результатов подготовки экипажа и его деятельности в полете.

МВР представляет собой комплекс следующих информационно-аналитических мероприятий, осуществляемых специалистами ЦПК при подготовке и проведении МВР

Для оказания помощи экипажу в ЦПК создается рабочая группа (РГ) специалистов, задачами которых являются:

1. Разработка (актуализация) вопросов экипажу ПКА по тематике подразделения к предстоящей встрече с экипажем, характеризующие подготовку экипажа к полету и деятельность экипажа при выполнении программы космического полета с учетом отклонений в действиях экипажей, возникших в ходе полета, а также замечаний или предложений, высказанных экипажем в полете.

2. Получение от экипажа оперативной информации о действиях экипажа при выполнении программы полета на ПКА и достаточности проведенной с ним подготовки в ходе встреч экипажа со специалистами ЦПК и смежных организаций.

3. Подготовка и представление ответственному специалисту 11 отдела материалов в первую часть экспресс-отчета экипажа в соответствии с «Планом разработки экспресс-отчета экипажа о выполнении программы полета на МКС» на основе обработки и систематизации, полученных от экипажа данных.

4. Подготовка материалов в доклад представителя ЦПК на МВС по соответствующему разделу и представление ответственному специалисту 11 отдела по подготовке экипажа МКС и отклонениям в работе бортовых систем, деятельности экипажа и персонала ГОГУ.

5. Подготовка и согласование с экипажем замечаний и предложений по тематическому направлению подразделения по результатам текущих встреч со специалистами, и передача их ответственному специалисту за разработку 2-й части «Экспресс-отчета экипажа МКС...».

6. Подготовка и обеспечение работы аудио и мультимедийных средств в зале к. 427 корп. 65 в ходе информационного сопровождения встреч экипажа со специалистами.

Своевременная и качественная подготовка и проведение специалистами рабочей группы (РГ) ЦПК всего комплекса мероприятий по послеполетному МВР базируются на общем алгоритме информационно-аналитической деятельности по сбору, анализу, обработке и систематизации информации о подготовке экипажа и его деятельности в полете, передаваемой в ходе полета и после полета из ЦУП-М, в том числе данных об ошибочных действиях экипажа экспедиции МКС, а также полученной в ходе послеполетных встреч от экипажа.

В докладе применительно к деятельности специалистов 1 управления рассматриваются задачи, а также состав и содержание информационно-аналитической деятельности специалистов 1 управления, участвующих в работе рабочей группы ЦПК при подготовке и проведении МВР по анализу результатов подготовки экипажа ПКА и его деятельности в полете.

Литература

[1] Малов А.В., Дмитриев В.Н. О роли подтвержденных оценок в технологии последовательной коррекции функционирования целевой системы «ЦУП–экипаж–МКС» // Пилотируемые полеты в космос. – 2011. – № 2(2). – С. 132–136.

[2] Роль космонавтов в создании и совершенствовании космической техники / В.Н. Дмитриев, А.И. Кондрат, Д.А. Темарцев // К.Э. Циолковский. История и современность. Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга, 2022. – С. 207–210.

[3] Основные результаты подготовки и деятельности 67-й экспедиции МКС при выполнении программы космического полета / О.Г. Артемьев, Д.В. Матвеев, С.В. Корсаков, А.И. Кондрат, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров, В.А. Копнин // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 1(46). – С. 5–19.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Спирин Е.А., Крылов А.И., Панкратов А.Ф., Спирин А.Е.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

На стратегической сессии 26.09.2023 года «Развитие искусственного интеллекта» Правительство России определило базовые сценарии и реализацию комплекса мер, направленных на развитие и поддержку искусственного интеллекта в России [1]. При этом в Центре подготовки космонавтов (далее Центр) на протяжении уже ряда лет целенаправленно проводятся исследования по

созданию экспертных систем (ЭС), систем логического вывода, поддержки принятия решений и тому подобных, основу которых составляют имитаторы высокоуровневых психических процессов человека.

3) Отбор на очном этапе претендентов в кандидаты космонавтов 2017–2022 годов по определению способностей к операторской деятельности показал возможность эффективного оценивания профпригодности с использованием измерительных средств и интерактивных тестов на их основе. Состоятельность развиваемого направления исследований подтверждается тем, что вчерашние претенденты успешно проходят подготовку и уже совершают полеты. Однако генерация измерительных процессов (в качестве мультимодального воздействия) и регистрация интеллектуальной и психической рефлексий (мышление, рассуждение, речь, эмоции, и т. п. – в качестве отклика на воздействия) требуют как соответствующего качества оценивания, так и новых программных и аппаратных информационно-измерительных продуктов. Одно из возможных решений – создание интеллектуальной ЭС с гибридно-интеллектуализированным человеко-информационным взаимодействием и полным исключением влияния субъективного человеческого фактора.

Концепция развития составляющих элементов искусственного интеллекта (баз знаний, данных, прецедентов; подсистем приобретения знаний, интерпретации задач и ответов, НООН-моделирования, мультимодального детектирования и т. п.) для рассматриваемых ЭС были отражены в инициативных НИР, в тезисах и докладах научно-практических конференций разного уровня. Их внедрение имеет первостепенную важность, поскольку нацелено на решение базовых задач Центра, таких как:

- отбор по профпригодности и последующей возможностью управления интеллектуальными и психофизиологическими ресурсами претендентов;
- подготовка космонавтов с возможностями совершенствования профессиональных компетенций, навыков и оттачивания их профпригодности до абсолютных значений профессионального развития (зрелости);
- полет космонавтов с надежностью и качеством выполнения профессиональной деятельности и наибольшей производительностью.

Сущность предложенных интеллектуальных ЭС заключается в гибридно-интеллектуализированном человеко-информационном взаимодействии посредством мультимодальной коммуникации и последующего профессиографического анализа. Данные, формализованные в виртуальную модель в виде цифрового портрета, взаимодействуя в ЭС с подсистемами моделирования (аудиального, визуального, мелкой моторики) и мультимодального детектирования (распознавания речи, глазодвигательной реакции, мимики и жестов) используется далее на всех этапах космической деятельности. Таким образом,

обеспечивается комплексное решение задач мониторинга данных и событий, дистанционной поддержки принятия решений и делегирования полномочий.

Одна из предложенных технологий такого взаимодействия была запатентована изобретением «Способ и устройство дистанционной экспресс-диагностики зрительного анализатора» космонавта и оценивания качества выполнения им сложной операторской деятельности. При этом параллельно с диагностикой зрительного анализатора косвенно может оцениваться его психоэмоциональное состояние [2].

Дальнейшее развитие предложенной идеи нашло отражение в разрабатываемом концепте интеллектуальной ЭС в виде бортовой системы мониторинга и прогнозирования профессиональной надежности. Здесь, главным образом, техническое решение направлено на дистанционный мониторинг психоэмоционального состояния и динамику профессионально важных качеств с целью правильного принятия решения о делегировании соответствующих полномочий космонавтам, находящимся в космическом полете. По материалам экспертизы от 17.08.2023 г. по существу Заявки № 2022124599 на изобретение получено положительное решение.

Таким образом, создание и внедрение предложенной интеллектуальной ЭС позволит обеспечить: объективность оценивания профессиональной пригодности при отборе, эффективность мониторинга профессиональной зрелости при подготовке и минимизацию рисков профессиональной успешности при полете.

Литература

[1] Новости – Правительство России. 26 сентября 2023 года. Вступительное слово Михаила Мишустина на стратегической сессии «Развитие искусственного интеллекта». Официальный сайт <http://government.ru> «Новости»49604.

[2] Патент № 2 726 604 Российская Федерация. Способ и устройство дистанционной экспресс-диагностики зрительного анализатора: опубл. 14.07.2020 / Даниличев С.Н., Спирин А.Е, Жуков В.М. и др.: заявитель ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК НА СТЕНДЕ «ТРЕНАЖЕР ВИН» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭТАПЕ ОКП

**Дедкова Е.В, Шолохова И.А., Юрченко Е.С., Максимов С.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В настоящее время подготовка космонавтов к выполнению на борту РС МКС научно-прикладных исследований и экспериментов методом визуально-инструментальных наблюдений (ВИН) («Ураган», «Сценарий», «Дубрава»,

«Экон-М» и т. п.) проводится с использованием специализированного стенда «Тренажер ВИН» [1].

В зависимости от этапа подготовки, уровня тренированности космонавта к выполнению ВИН и его индивидуальных особенностей применяются разные методические подходы к изучению объектов земной поверхности.

На этапе ОКП в основу изучения раздела «Основы визуально-инструментальных наблюдений поверхности Земли из космоса» дисциплины «Исследование Земли из космоса» заложен принцип обучения по «региональной схеме». В рамках данного подхода вся поверхность Земли, наблюдаемая с борта РС МКС, разделена на 7 физико-географических регионов (без жесткой привязки к суточным виткам): Европа; Азия и Россия; Юго-Восточная Азия, Австралия и Океания; Африка; Северная Америка; Центральная Америка; Южная Америка. Изучение каждого региона состоит из группы занятий, ориентированных на освоение территорий, наблюдаемых с борта РС МКС. По завершению изучения каждого региона для групп ОКП проводятся контрольное занятие в форме тренировки с использованием стенда «Тренажер ВИН» [2].

Тестируемые на «Тренажере ВИН» параметры и навыки:

- оперативная память на географические названия и образы объектов;
- поиск, обнаружение и регистрация заданных географических объектов в условиях имитации орбитального движения;
- возможность космонавта (далее по тексту оператора) вести рассказ о выполняемых действиях и наблюдаемых объектах на земной поверхности;
- управление наведением на объект, точность и качество его регистрации с помощью джойстика;
- точность сопровождения объекта наблюдения.

Для подготовки и проведения контрольных тренировок на этапе ОКП специалистами Центра были составлены зачетные задания, соответствующие двум учебно-тренировочным виткам, проходящим над данным регионом. Задания разработаны на основе полетных радиограмм (р/г) и адаптированы под условия тренировки (указаны названия объектов и расчетное время их видимости, в задания включены по два разномасштабных снимка для каждого объекта). Каждое задание представлено в электронном виде на планшете и включает 5–8 тестовых объектов наблюдения, которые кандидату в космонавты необходимо сфотографировать на рабочем месте РМО2 «Тренажера ВИН» с использованием джойстика. Выбор объектов для тестовых заданий был выполнен с учетом как параметров тестовых объектов для контроля операторской деятельности, так и экспертных оценок инструкторов. В докладе будут представлены р/г для проведения тренировок и примеры тестовых объектов и их географических ориентиров для европейского региона.

В качестве параметров оценки деятельности кандидатов в космонавты в ходе тренировки были выбраны [3]:

- временной отрезок между появлением заданного объекта в поле зрения иллюминатора и его регистрацией;
- точность сопровождения объекта и качество его регистрации;
- полнота репортажа об объектах и выполняемых операциях.

Для учета значимости параметров работы оператора, каждому из рассматриваемых параметров были присвоены свои весовые коэффициенты.

Система объективного контроля результатов тренировки «Тренажера ВИН» имеет возможность фиксировать и выдавать, как в графическом виде, так и в форме таблицы следующие результаты:

- качество сопровождения и фоторегистрации объекта наблюдения оператором;
- время выполнения фотоснимков оператором.

При этом параметр «Качество фоторегистрации и сопровождения объекта» дополнительно оценивается еще по 2-м величинам:

- время сопровождения;
- точность наведения.

Субъективному контролю комиссией, сформированной из специалистов по подготовке к ВИН, был подвержен параметр «полнота репортажа об объектах и выполняемых операциях».

Каждый параметр, работа с отдельным объектом, задание и тест в целом оценивались по пятибалльной системе от «1» до «5». Оценка за тест по каждому из двух витков вычислялась как сумма оценок за ведение репортажа, количество найденных тестовых объектов и средней, из всех полученных оценок, за качество фоторегистрации и сопровождения по каждому из объектов задания с учетом весовых коэффициентов данных параметров. Итоговая оценка за тест по заданному региону вычислялась как средняя арифметическая, из полученных оценок за работу на каждом из двух витков. Расчет итоговой оценки выполняется автоматически. Результаты тренировки заносятся в Оценочный лист, представляющий из себя таблицу в форме «Excel».

Все выработанные критерии оценки параметров работы оператора, принципы формирования оценок по каждому из параметров и иллюстрации к ним будут представлены в докладе.

Основные принципы организации и проведения контрольных тренировок с использованием системы оценки операторской деятельности на стенде «Тренажер ВИН», прошли апробацию во время отбора претендентов в кандидаты в космонавты набора 2017–2018, 2020 гг. и подготовки группы кандидатов в космонавты набора 2018 и 2020 гг. на этапе ОКП [3].

Благодаря внедрению системы автоматизированного контроля операторской деятельности на стенде «Тренажер ВИН» появилась возможность не только сформировать, но и объективно оценить приобретенные навыки космонавтов по обнаружению и распознаванию ориентиров и типовых объектов, установить уровень их географических знаний, а также способностей к дешифрированию и привязке к ориентирам, ведению профессионального репортажа.

Литература

[1] Проектирование стенда-тренажера для подготовки космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений / Васильева Н.В., Дедкова Е.В., Кутник И.В., Фокин В.Е., Чуб Н.А., Юрченко Е.С. // Вестник Московского авиационного института. – 2021. – Т. 28, № 1. – С. 115–125.

[2] Применение современных информационных технологий при подготовке космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений земной поверхности с борта РС МКС / В.И. Васильев, Н.В. Васильева, В.Е. Фокин, Е.В. Дедкова, И.А. Бирюкова, С.Н. Максимов // Пилотируемые полеты в космос. – 2015. – № 3(16). – С. 83–91. – ISSN 2226-7298.

[3] Разработка методики оценки операторской деятельности кандидатов в космонавты по результатам тренировок на «Тренажере ВИН» / В.Е. Фокин, Е.В. Дедкова, Н.В. Васильева, С.Н. Максимов, Е.С. Юрченко // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XIII Международной научно-практической конф., Звездный городок, 13–15 ноября 2019. – С. 126.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВИД ПОДГОТОВКИ РОССИЙСКИХ КОСМОНАВТОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ С БОРТА РС МКС

**Прокопенко Ю.П., Коротких В.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) в настоящее время является одним из основных видов экологического мониторинга, а также способом получения информации об объектах, расположенных на поверхности Земли, в том числе в труднодоступных районах, которые широко распространены на территории нашей страны. Данный вид наблюдения активно выполняется российскими космонавтами с борта РС МКС в рамках ряда целевых работ (ЦР), таких как «Экон», «Ураган», «Сценарий», «Дубрава» и др.

Для обеспечения выполнения ДЗЗ с борта РС МКС космонавты должны обладать устойчивыми знаниями и навыками по наблюдению и опознаванию объектов наблюдения с околоземной орбиты. Для достижения высоко уровня выполнения данного вида работ на базе Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) осуществляется подготовка космонавтов по ряду дисциплин, направленных на визуально-приборные наблюдения (ВПН) Земли из

космоса. В рамках данного вида подготовки проводится также специальный вид подготовки – полеты на самолете-лаборатории.

Основной целью специального вида подготовки на самолете-лаборатории является формирование навыков поиска, обнаружения, опознавания и регистрации заданных объектов, расположенных на земной поверхности у космонавтов и кандидатов в космонавты в условиях, приближенных к космическому полету, а также получение уверенных навыков работы с фотоаппаратурой.

Проведение учебно-тренировочного полета (УТП) планируется на высотах 9000–10 300 м со скоростью 750–775 км/ч. Такие параметры полета дают возможность смоделировать для космонавтов условия выполнения ВПН с борта РС МКС.

В настоящее время УТП проводится на специально оборудованном самолете-лаборатории Ту-134 летающем комплексе 1 (СЛ Ту-134 ЛК1). Наблюдения выполняются через кварцевые иллюминаторы диаметром 320 мм с помощью фото- и видеоаппаратуры аналогичной той, которая используется при выполнении ВПН с борта РС МКС. В качестве комплекса средств поддержки экипажа используются аналог бортового лэптопа, планшетный компьютер, бинокль широкоформатный с синхронизацией изображений, набор рабочих карт и схем маршрутов, фотоальбомы объектов наблюдения и пр.

В процессе тренировочного полета космонавты получают опыт работы с длиннофокусной оптикой. Также происходит отработка навыков работы с фотокамерой, ее настройками, построением кадра и пр. (в условиях ограниченного времени). При проведении тренировочного полета на ВПН космонавты ориентированы на фотосъемку объектов наблюдения из расчета 3–5 фотоснимков на объект. В случаях фотосъемки площадных объектов, рекомендуется проводить серийную фотосъемку (до 10 кадров на объект). В зависимости от метеоусловий, учебно-тренировочная бригада может корректировать задачи на ВПН в полете, давать рекомендации по использованию и настройкам фотоаппаратуры и пр. Для фотосъемки объектов в разрывах облаков производится изменение настроек фотоаппаратуры (изменение зоны фокусировки и внесение коррекции экспозиции).

После завершения тренировочного полета космонавты самостоятельно проводят обработку и дешифрирование полученных фотоснимков, а также готовят детальный экспресс-отчет по результатам полета на ВПН. Инструкторский состав также проводит оценку работы космонавтов по регистрации объектов на земной поверхности, качеству полученных фотоснимков, правильном использовании настроек фотоаппаратуры и пр.

Специальный вид подготовки российских космонавтов к выполнению ДЗЗ с борта РС МКС является важным этапом подготовки российских

космонавтов к выполнению космического полета. Он направлен на приобретение навыков по позиционированию на поверхности Земли, поиску, опознаванию и фоторегистрации объектов, заданных программой ЦР, и получения результатов для дальнейшего анализа экологической обстановки.

Литература

[1] Ребрый А.В., Натарова Е.В., Калугин С.А. «Разбор полетов». Дистанционное зондирование Земли в кризисных и чрезвычайных ситуациях // Дистанционное зондирование Земли из космоса в России. – 2022. – № 2. – С. 18–23.

[2] Космические эксперименты по исследованию Земли из космоса на российском сегменте Международной космической станции / Саворский В.П., Аквилонова А.Б., Кибардина И.Н., Маклаков С.М. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 2. – С. 9–19.

[3] Дистанционное зондирование Земли – Текст: электронный // Развитие и апробация новых методов и средств дистанционного зондирования Земли из космоса: [сайт]. – URL: <https://www.gctc.ru/main.php?id=284> (дата обращения 27.08.2023).

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ РОССИИ В РАМКАХ ВЫПОЛНЕНИЯ ЦР «ЭКОН-М»

**Кондрат А.И., Темарцев Д.А., Прокопенко Ю.П.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Для урбанизированных территорий характерно бурное развитие производственного кластера, обуславливающего высокую техногенную нагрузку на территорию и компоненты ее биogeосистемы. Это приводит к необходимости организации мониторинга за факторами риска в городской среде, которые могут приводить к причинению вреда здоровью человека. Наземная система мониторинга не может в полной мере удовлетворить требованиям комплексного анализа состояния окружающей природной среды. Вследствие этого, целесообразно использовать данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с околоземного космического пространства для обеспечения достоверной информацией площадного характера экспертные комиссии в сфере охраны окружающей среды и рационального природопользования.

С борта российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС) ДЗЗ проводится, в том числе, в рамках целевой работы (ЦР) «Экон-М». Одним из направлений исследований ЦР является наблюдение и фоторегистрация урбанизированных территорий и промышленных центров как нашей страны, так и зарубежных государств для дальнейшего анализа состояния окружающей природной среды в районах их функционирования.

В докладе проведен анализ площадного загрязнения городской среды, визуально регистрируемого с борта РС МКС, вследствие деятельности промышленных предприятий на примере городов Магнитогорск, Липецк, Ново-российск и др.

Для анализа уровня загрязнения была проведена обработка космических фотоснимков, полученных в результате выполнения ЦР «Экон-М» с борта РС МКС. На первом этапе была проведена первичная коррекция полученных фотоснимков для дальнейшего визуального дешифрирования. На втором этапе был проведен пространственный анализ зон загрязнения в районах деятельности промышленных предприятий с использованием методов геоинформационного картографирования на основе программного обеспечения *Quantum GIS (Open Source General Public License)*.

По результатам анализа полученных в ЦР «Экон-М» фотоснимков был сделан вывод о нарушении природоохранных норм в границах утвержденных санитарно-защитных зон, установленных для конкретных промышленных предприятий.

Анализ информации, получаемой с помощью обработки и дешифрирования космических фотоснимков, позволяет выполнить процесс геоинформационного картографирования городской инфраструктуры с зонированием факторов, определяющих качество окружающей природной среды. Данные ДЗЗ в рамках ЦР «Экон-М» могут служить основой для принятия управленческих решений по разработке организационных санитарно-гигиенических мероприятий в сфере современного градостроительства, планировки селитебных зон, по обоснованию приоритетных направлений природоохранной политики региона и пр.

Литература

- [1] Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В. Дистанционное зондирование Земли как способ оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – № 4. – С. 5–12.
- [2] Торсунова О.Ф. Использование данных космической съемки сверхвысокого разрешения для решения задач территориального зонирования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 219–230.
- [3] Гурьянова Л.В. Использование ГИС и данных дистанционного зондирования для мониторинга застроенных территорий // Вестник БГУ. – 2008. – Сер. 2. – № 3. – С. 107–112.

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ ПОЛЕТОВ КОСМОНАВТОВ НА АВИАЦИОННЫЕ ВИЗУАЛЬНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дедкова Е.В., Шолохова И.А., Васильев В.И., Юрченко Е.С., Максимов С.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Подготовка космонавтов к визуально-инструментальным наблюдениям (ВИН) объектов подстилающей поверхности с борта российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) включает в себя учебно-тренировочные полеты (УТП) на самолете-лаборатории ТУ-134ЛК-1 (СЛ), в процессе которых выполняется наблюдения и фотосъемка природных и антропогенных объектов, а также регистрация разнообразных процессов и явлений, происходящих на земной поверхности и в атмосфере, с использованием научной аппаратуры (НА), аналогичной штатной бортовой аппаратуре [1].

Целью мероприятий, связанных с организацией и проведением УТП, является практическое ознакомление и изучение космонавтами физико-географических характеристик большинства природно-антропогенных ландшафтов (геосистем) и участков прилегающих акваторий, определение наиболее значимых объектов наблюдений на их территориях, которые могут быть включены в программу тренировочных полетов на СЛ и в программу научно-прикладных исследований на борту РС МКС.

Для достижения поставленной цели специалистами Центра подготовки космонавтов были выполнены следующие мероприятия:

1. Разработаны и практически отработаны 9 типовых маршрутов УТП, охватывающих значительную часть территории России между 40 и 65 градусами с.ш.
2. УТП с кандидатами в космонавты и космонавтами по подготовке к выполнению ВИН организованы по двум вариантам – с аэродрома постоянного базирования и с аэродромов временного базирования в оптимальных для наблюдений условиях.
3. В качестве регионов наблюдения с использованием авиационной техники выбраны участки территорий 6 федеральных округов Российской Федерации (Центрального, Южного, Приволжского, Уральского, Сибирского и Дальневосточного) [2, 3].
4. К участию в полетах привлечены специалисты ведущих научных центров и организаций гг. Королёва (Московская область), Симферополя, Севастополя, Екатеринбурга, Красноярска, Дивногорска, Железногорска, Иркутска, Улан-Удэ, Южно-Сахалинска и Петропавловск-Камчатского.

Благодаря выполнению УТП с аэродромов временного базирования появилась возможность оперативной корректировки маршрута и времени вылета

с учетом текущих погодных условий в регионе полетов, что в свою очередь позволяет оптимально и с высоким качеством реализовать программу летных тренировок космонавтов по задачам визуальных наблюдений.

В период с начала 2015 года по настоящее время разработаны и выполнены УТП по более чем 20 маршрутам. Некоторые УТП выполнялись впервые по вновь разработанным маршрутам. Уникальность ряда проводимых УТП обуславливалась еще и тем, что съемки объектов одновременно входили в циклограмму работ российских членов экипажа МКС.

Изучены регионы проведения УТП, включающие семь природных зон России (тундру, лесотундру, тайгу, смешанные и широколиственные леса, лесостепь, степь, полупустыни-пустыни), горные районы, территории активного вулканизма, прибрежные территории и акватории, речную сеть и большое количество разнотипных промышленных, гидротехнических и природно-антропогенных объектов наблюдения, в том числе из перечня космических экспериментов «Ураган», «Дубрава» и «Сценарий».

В ходе наземной подготовки специалистами ведущих научных центров и организаций были проведены практические занятия с космонавтами и инструкторской бригадой, сформирован предварительный перечень основных объектов, подлежащих контролю и надзору в сфере экологии и природопользования, а также негативных процессов (природного и антропогенного характера), происходивших, происходящих или ожидаемых в регионах наблюдения.

Выработанные в результате организации и проведения УТП методические основы проведения подготовки космонавтов к выполнению задач ВИН Земли с борта ПКА с использованием СЛ способствуют приобретению обширной теоретической базы знаний и получению достаточных практических умений и навыков для решения подобных задач, что, в свою очередь, приводит к значительному уменьшению времени, затрачиваемого космонавтами, на адаптацию в начале полета на РС МКС и увеличению эффективности и качества работ по программам КЭ «Ураган», «Дубрава», «Сценарий» [4].

Литература

[1] Experience in Training Cosmonauts for Visual Instrumental Observations from the ISS Using the Flying Laboratory. Vasiliev V.I., Vlasov P.N., Kud-Sverchkov S.V., Kuristyn A.A., Kharlamov M.M., Fokin V.E., 70nd International Astronautical Congress – 2019 Washington D.C., USA Paper IAC-19, B3.5.4x49668.

[2] Основные принципы выбора территорий при наблюдении типовых объектов природно-антропогенных ландшафтов России для учебно-тренировочных полетов на СЛ Ту-134 ЛК / Торгашев Р.Е., Максимов С.Н., Дедкова Е.В., Юрченко Е.С. // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XIII Международной научно-практической конференции 13–15 ноября 2019 года. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2019. – С. 137–138.

[3] Торгашев Р.Е. Физическая география материков и океанов: ресурсообеспечение и природопользование: Учебник. – Ульяновск, 2018. – 155 с.

[4] Особенности процесса подготовки космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений земной поверхности в ходе экспедиции МКС-63 / Вагнер И.В., Васильев В.И., Дедкова Е.В., Фокин В.Е., Юрченко Е.С. // Сборник материалов Десятого международного аэрокосмического конгресса IAC'2021. – М., 2021. – С. 250–251.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОШИБОЧНЫХ ДЕЙСТВИЙ ЭКИПАЖЕЙ, СВЯЗАННЫХ С НЕСОВЕРШЕНСТВОМ ИЗДЕЛИЯ (ТЕХНИКИ) В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ РС МКС

Маликова Т.Ю.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Составной частью процесса управления полетом пилотируемых космических аппаратов является экипаж. Поэтому безошибочная работа экипажа взаимосвязана с качеством и надежностью выполнения программы космического полета в целом.

Допущенные экипажем ошибочные действия являются показателем недостатков в подготовке экипажа, организации его деятельности на борту орбитального комплекса, а также несовершенств изделия (техники).

Несовершенство изделия (техники) – к этой группе причин можно отнести отказы и неисправность оборудования, несовершенство конструкции и компоновки, бортовой логики управления, рабочего места, системы отображения информации, недостатки средств связи, кодирования и маркировки оборудования, средств деятельности, средств фиксации космонавта, средств фиксации и условий хранения оборудования, параметров среды, условий деятельности, быта и отдыха и т. п.

В докладе рассмотрен обобщенный анализ ошибочных действий экипажей, связанных с несовершенством изделия (техники) на основании данных из перечней ошибочных действий российских членов экипажей с МКС-1 по МКС-67.

Подобный анализ, охватывающий длительный период времени работы экипажей, позволил выявить несовершенства бортовых систем и оборудования, которые наиболее часто являются причиной ошибочных действий экипажей МКС и выработать рекомендации космонавтам для сокращения ошибочных действий при выполнении космического полета.

ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ: ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И УЧЕТ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРЕНАЖЕРА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

**Копя Т.А., Анацкий М.А., Даниук Т.В., Давыдов В.С., Какушина К.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Современная концепция развития орбитальных пилотируемых средств, как в нашей стране, так и за рубежом, предусматривает создание и развертывание на околоземной орбите многомодульных орбитальных пилотируемых комплексов, рассчитанных на длительный период эксплуатации. Создание и вывод на орбиту таких комплексов происходит поэтапно, на протяжении десятилетия. В силу этого происходит постепенное формирование облика и состава комплекса технических средств подготовки космонавтов. Технические средства подготовки космонавтов являются уникальными, сложными и дорогостоящими системами, создание которых представляет собой сложный и длительный процесс.

В настоящее время активно ведутся работы по созданию Российской орбитальной станции (РОС), которые предполагают создание соответствующего тренажерного комплекса для подготовки космонавтов. Для того, чтобы минимизировать затраты на создание и на последующую модернизацию тренажерного комплекса будущей станции, необходимо крайне обдуманно подходить к его созданию, проанализировав опыт создания и эксплуатации тренажерного комплекса российского сегмента Международной космической станции (ТК РС МКС).

ТК РС МКС является базовым средством для подготовки космонавтов к работе на российском сегменте Международной космической станции и предназначен для отработки экипажем и наземным персоналом навыков по эксплуатации систем и полезной нагрузки российского сегмента станции в штатных и расчетных нештатных ситуациях, а также обеспечения безопасности объединенного экипажа и живучести Международной космической станции.

За время многолетней эксплуатации ТК РС МКС позволил подготовить экипажи МКС и экспедиции посещения на высоком уровне, тем не менее необходимо выделить некоторые особенности и проблемы, учет которых позволит повысить качество подготовки космонавтов.

Проблемы, выявленные за время эксплуатацию ТК РС МКС:

1. Расположение модулей ТК РС МКС не соответствует конфигурации станции МКС.

2. Расположение пульта контроля и управления (ПКУ) находится на большом удалении от ТК РС МКС.

3. Отсутствие тренажеров транспортного пилотируемого корабля (ТПК) и модуля американского сегмента (АС) не позволяет в полной мере отработать действия экипажа при аварийных ситуациях.

4. Использование ТК РС МКС в целях популяризации космоса в ущерб подготовке.

5. При размещении тренажерного комплекса зачастую не учитывается мнение специалистов, которые непосредственно занимаются подготовкой космонавтов по РС МКС.

При проектировании нового тренажерного комплекса РОС необходимо учесть данные особенности и проблемы.

ИЗУЧЕНИЕ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПРОГРАММ

**Кондрат А.И., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Савинцев А.Ю., Васильев Я.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В соответствии с п. 15 основных положений «Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу» определены задачи по развитию пилотируемых космических полетов, среди которых, осуществление после 2030 года пилотируемых полетов в окололунное пространство и на Луну, и расширение области и масштабов освоения ближнего космоса [1].

Полеты к другим планетам характеризуются большой длительностью и автономностью, что, с одной стороны, увеличивает вероятность возникновения необходимости замены кого-либо из членов экипажа, прошедшего подготовку на Земле, например, по выполнению ручных динамических режимов, с другой стороны, предоставляет возможность провести эту подготовку в ходе самого космического полета, при этом основными задачами являются:

1. Исследования качества самообучения, приобретения и поддержания операторских навыков выполнения ручных динамических режимов в условиях длительной изоляции [2].

2. Исследование возможного влияния длительной изоляции на качество самообучения, приобретения и поддержания операторских навыков [3].

Исследования проводились в ходе изоляционного эксперимента «SIRIUS-21». Для обеспечения экспериментальных исследований была разработана программа подготовки операторов, направленная на самостоятельное

формирование, и поддержание операторских навыков по выполнению динамических режимов на тренажере космического корабля типа «Союз» в условиях длительной изоляции [5]. Данная программа предполагала проведение экспериментальных исследований в три этапа.

Первый этап проходил до начала изоляции участников экспериментальных исследований. С участниками была проведена первоначальная ознакомительная теоретическая и практическая подготовка до уровня, позволяющего операторам осуществлять самообучение, формировать, закреплять и поддерживать операторские навыки в процессе изоляции.

На втором этапе участники приступили к самостоятельному формированию и совершенствованию навыков выполнения ручных динамических режимов. В соответствии с программой изоляции каждый участник эксперимента самостоятельно выполнял тренировки на мобильном тренажере. Первые 6 недель изоляции участники выполняли 3 тренировки в неделю, в последующие 18 недель интенсивность была сокращена до 2 тренировок. Для контроля и оценки текущей подготовленности операторов, каждые 4 недели проводилась контрольная тренировка под руководством инструктора.

На третьем этапе был проведен контроль устойчивости сформированных навыков. Участники эксперимента завершили основной этап самостоятельной подготовки и выполнили контрольную тренировку для оценки их уровня подготовленности. Для оценки устойчивости самостоятельно сформированных навыков, следующие 8 недель участники не выполняли тренировки на тренажере для поддержания навыков. По окончании данного перерыва участники эксперимента повторно выполнили контрольную тренировку.

Для сравнения результатов исследования возможного влияния длительной изоляции на качество самообучения, приобретения и поддержания операторских навыков было предложено сформировать контрольную группу операторов, которая не изолируется, а продолжает исполнять свои функциональные обязанности на рабочих местах с отвлечением на выполнение программы исследования [4].

Для корректного сопоставления результатов исследования, испытуемые в изоляции и операторы контрольной группы должны обладать схожими (идентичными) характеристиками:

1. Возраст.
2. Образовательный уровень и направленность образования.
3. Наличие или отсутствие опыта управления транспортным космическим кораблем серии «Союз» в ручных динамических режимах.
4. Уровень операторских способностей.

В соответствии с критериями 1, 2, 3 из числа сотрудников Центра подготовки космонавтов было отобрано 6 претендентов для участия в исследовании в качестве операторов контрольной группы. Оценка уровня операторских способностей осуществлялась на компьютерном мобильном тренажере транспортного пилотируемого корабля серии «Союз» в соответствии методикой, разработанной в Центре подготовки космонавтов и используемой при проведении отбора претендентов в кандидаты в космонавты [3].

По итогам оценки в контрольную группу было отобрано 3 кандидата, которые по всем характеристикам были наиболее «похожи» на испытателей, планируемых к работе в условиях длительной изоляции. Из оставшихся 3-х претендентов двое изъявили желание принять участие в исследовании и были включены в контрольную группу в интересах получения дополнительных статистических данных.

Литература

[1] Основные положения Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом РФ от 19.04.2013 N Пр-906).

[2] Кондрат А.И., Кондратьев А.С., Шуров А.И. Изучение операторской деятельности при моделировании комплекса факторов космического полета в условиях изоляции (постановка задачи исследования) // Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Ч. 2. – Калуга, 2021. – С. 177–180.

[3] Тестирование операторских качеств при отборе космонавтов / Крючков Б.И., Королев Л.М., Кондратьев А.С., Крылов А.И., Попова Е.В., Фокин В.Е., Иванова Д.Ф. // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. – Звездный городок, 2021. – С. 59–60.

[4] Изучение операторской деятельности при моделировании комплекса факторов космического полета в условиях изоляции (контрольная группа операторов) / Кондрат А.И., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Савинцев А.Ю., Васильев Я.В. // Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Ч. 2. – Калуга, 2022. – С. 212–214.

[5] Изучение операторской деятельности при моделировании комплекса факторов космического полета в условиях изоляции: программа подготовки операторов / Кондрат А.И., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Савинцев А.Ю., Васильев Я.В. // Материалы 58-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Ч. 2. – Калуга, 2023. – С. 216-219.

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СТРУКТУРЫ И ФОРМЫ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ «ПЕРЕЧНЯ ОСНОВНЫХ ДОКУМЕНТОВ,
РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
ФГБУ «НИИ ЦПК ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА» В ЧАСТИ
ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

Дмитриев В.Н., Кондрат А.И., Темарцев Д.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Одним из важнейших видов деятельности специалистов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее – ЦПК, Центр) в процессе реализации программы Международной космической станции (МКС) является обеспечение процесса подготовки космонавтов актуальной организационно-методической и учебной документацией (ОМиУД), которой отводится важное место в общей структуре документов, регламентирующих подготовку космонавтов (рис. 1).



Рис. 1. Состав организационно-методической и учебной документации для отбора и подготовки космонавтов

Организационно-методическая документация предназначена для планирования, организации и проведения подготовки космонавтов к космическим полетам на пилотируемых космических аппаратах (ПКА) в соответствии с утвержденными программами подготовки.

Учебная документация предназначена для формирования у космонавтов знаний, умений, навыков и профессионально важных качеств по безопасному выполнению программы космического полета, в том числе действий при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.

Структура и состав ОМиУД для организации и проведения отбора и подготовки космонавтов для полетов на ПКА формировались и совершенствовались по мере развития пилотируемой космической техники (КТ), методологии и технологии подготовки космонавтов [1–3].

Актуальный состав ОМиУД, регламентирующей подготовку космонавтов для всех этапов и видов подготовки, закрепляется в ежегодно обновляемом «Перечне основных документов, регламентирующих деятельность ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее – Перечень). Данный Перечень ежегодно корректируется с учетом изменения задач пилотируемого полета, изменений в бортовых системах и бортовой документации ПКА, а также по результатам выполненных космических полетов и научно-исследовательских работ (НИР). Кроме того, структура Перечня ежегодно совершенствуется по предложениям подразделений Центра.

Работа с данным Перечнем документов показала, что его структура и форма представления ОМиУД не в полной мере соответствуют системным основам подготовки космонавтов и требованиям специалистов и требуют совершенствования.

В докладе по результатам анализа рассматриваются замечания к структуре и форме представления Перечня документов в части ОМиУД, а также обосновываются предложения по его совершенствованию.

В целях оперативного поиска, выбора и сортировки необходимых специалистам документов предлагается в дополнение к бумажной форме Перечня разрабатывать его в Excel.

При этом применительно к организационно-методической и учебной документации целесообразно иметь следующие столбцы, позволяющие производить выборку информации о документах по следующим параметрам:

- Этап подготовки (в соответствии с РПК).
- Вид подготовки (в соответствии с РПК).
- Тип космического аппарата (ТПК, ТК, ПТК, РС МКС, РОС и др.).
- Уровень подготовки (пользователь, специалист, участник космического полета, командир, бортинженер).

Все это позволит специалистам Центра легко находить нужные документы, их сортировать, систематизировать, анализировать состав и формировать предложения по их актуализации.

Формирование уточненной структуры ОМиУД необходимо с учетом предстоящей в ближайшее время деятельности специалистов по разработке новых документов по перспективным пилотируемым космическим программам (ПТК и РОС).

Литература

[1] Маленченко Ю.И., Дмитриев В.Н. Совершенствование организационно-методического обеспечения подготовки космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 3(24). – С. 39–46.

[2] Особенности методического обеспечения подготовки космонавтов к выполнению полетов на перспективных пилотируемых космических средствах / В.Г. Корзун, А.И. Кондрат, В.Н. Дмитриев, Г.Д. Орешкин, А.С. Кондратьев, А.Е. Маликов, В.Н. Прудков, А.Н. Ядренцев // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, 2021. – С. 83–84.

[3] Аспекты совершенствования организационно-методической и учебной документации для организации и проведения подготовки космонавтов к выполнению полетов по перспективным пилотируемым космическим программам / В.Г. Корзун, А.И. Кондрат, Д.А. Темарцев, В.Н. Дмитриев, А.А. Ковинский // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 32–44.

К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПРИ СОЗДАНИИ ТРЕНАЖЕРОВ И ОКАЗАНИИ УСЛУГ ПО ПОДГОТОВКЕ КОСМОНАВТОВ

Харламов М.М., Ростопиров Т.Н., Шуров А.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В докладе анализируется опыт начального этапа внедрения процессного подхода в управлении ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее ЦПК). Показана практическая организация описания процессов, как создания продукции (тренажеров), так и оказания услуг (подготовка космонавтов). Данная работа может быть выполнена благодаря созданной службе качества организации и командной работы структурных подразделений организации.

В соответствии с требованиями ГОСТов [1, 2] и нормативными документами государственной корпорации «Роскосмос» (ГК «Роскосмос») необходимо внедрение элементов процессного подхода во всех организациях ГК «Роскосмос». В отличие от функционального управления, которое направлено на контроль над выполнением работниками их функций и строгое исполнение

указаний руководителя, процессное управление направлено на качественное получение результата работ. При этом предполагается большая степень ответственности работника как при контроле качества результата операции (действия), выполненной предшествующим работником, так и качества собственной операции (действия). Большая степень ответственности работника и работа в команде, выполняющий процесс, повышает эффективность создания продукции и оказания услуг. Анализ выполнения процесса и постановка вопроса об его улучшении перед каждым исполнителем процесса позволяет работнику повысить свою роль в управлении процессом, что благотворно сказывается на результатах его труда.

Внедрение процессного подхода в настоящее время является необходимым решением. Оно требует создания системы менеджмента качества (СМК), и достаточно длительного срока организации (реализации) деятельности в виде процессов.

Основным элементом становится процесс, и, в соответствии с принципами процессного подхода, деятельность предприятия состоит из совокупности процессов и проектов, а не деятельности подразделений с определенными для них функциями. Это требует существенного изменения, как структуры предприятия, так и модели мышления и ежедневной деятельности его работников.

Внедрение процессного подхода на предприятии целесообразно осуществлять в соответствии с требованиями стандартов серии ИСО 9000, государственных военных стандартов и отраслевых документов по стандартизации.

На начальном этапе внедрение процессного подхода руководством предприятия принято решение о внедрении управления процессами без изменения структуры предприятия и модели подчиненности, при сохранении функционального управления по остаточному принципу, при этом вся деятельность предприятия по подготовке космонавтов, созданию тренажеров, их модернизации и эксплуатации должна быть охвачена процессами.

Самое первое, что необходимо сделать, это создать иерархию процессов и описать процессы составляющую деятельность предприятия.

Литература

[1] ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015.

[2] Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе» (с изменениями 2022 года).

ПАРАМЕТРЫ ОРБИТЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Темарцев Д.А., Прудков В.Н., Митина А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Информационное агентство «Интерфакс-Россия» 27 июля 2022 года сообщило, о выходе России из проекта Международной космической станции (МКС) после 2024 года, и что к этому времени начнется развертывание национальной Российской орбитальной станции (РОС), разрабатываемой специалистами Ракетно-космической корпорации «Энергия» имени С.П. Королёва (РКК «Энергия») [1].

Станцию планируется впервые в истории земных орбитальных станций вывести на высокоширотную орбиту, чтобы она смогла работать в интересах России, охватывая своей траекторией весь земной шар, включая Арктику. Станция будет находиться на солнечно-синхронной орбите, что обеспечивается параметрами – наклоном $97\text{--}98^\circ$ к экватору (против $51,6^\circ$ у МКС) и высотой орбиты – 350 км, на которой ее солнечные батареи будут всегда освещены. Планируется обращенную к Земле часть станции оснастить системами наблюдения в различных спектрах – от оптического до радиолокационного. А противоположную сторону – аппаратурой для мониторинга космического пространства [2].

РОС сможет, в отличие от МКС, предоставить более широкие возможности по ряду направлений научных исследований, в частности, по проектам дистанционного зондирования Земли планируется отработка методик контроля ледовой и экологической обстановки [3, 4].

Расширение возможности по наблюдению земной поверхности с борта РОС, потребует изменений в подготовке космонавтов к выполнению задач, связанных с определением положения КА относительно земной поверхности, и к выполнению задач наблюдения объектов на земной поверхности в условиях функционирования новой станции. Эти изменения в подготовке космонавтов должны рассматривать такие вопросы, как сама возможность, так и условия наблюдения объектов на земной поверхности, например, продолжительность наблюдения.

Следует понимать, что возможность и условия наблюдения объектов на земной поверхности, определяются параметрами орбиты КА и зависят, во-первых, от физических параметров планеты, вокруг которого будет выполняться полет КА. К этим параметрам относятся: скорость и направление вращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, размеры и форма планеты, ее гравита-

ционный параметр, нецентральность гравитационного поля и неравномерность распределения массы Земли по ее объему, а также такое явление как прецессия плоскости орбиты, вызванное аномалией гравитационного поля Земли [5–7].

Во-вторых, следует учитывать следующие параметры орбиты КА, с которого выполняются наблюдения объектов земной поверхности: наклонение орбиты, размеры орбиты, форма орбиты, положение КА на орбите, скорость полета КА по орбите, высота полета или более точный параметр – радиус-вектор КА и взаимосвязанный с этими параметрами период обращения КА по орбите. Размеры объекта наблюдения, а также его положение на поверхности Земли – а именно географические координаты объекта наблюдения: широта, долгота [8].

Для разработки учебного материала в целях обеспечения подготовки космонавтов к работе в новых условиях полета на борту РОС, был выполнен сравнительный анализ параметров орбит МКС и РОС, определяющих прохождение трасс этих станций на поверхности Земли во взаимосвязи с особенностями и возможностью обеспечения наблюдения земной поверхности и заданных объектов на поверхности Земли с борта этих станций.

В работе были приняты допущения, позволившие упростить анализ, но не искажившие характер взаимосвязи параметров. Из них следующие наиболее существенные допущения:

1. Орбиты МКС и РОС круговые, при этом в анализе рассматривать радиус-вектор КА, а не высота его полета.
2. Земля имеет форму шара с неравномерным распределением массы по объему, что позволяет учитывать прецессии плоскостей орбит МКС и РОС. Прецессия плоскости орбиты МКС за виток составляет $0,3^\circ$, и она вызывает увеличение межвиткового смещения трассы МКС на эту величину. Прецессия плоскости орбиты РОС меньше и для указанных параметров ее орбиты составит $0,064^\circ$ за виток, причем, она будет уменьшать величину межвиткового смещения трассы РОС на эту величину.

Полученные в ходе выполнения исследований результаты предназначены для понимания основных закономерностей, влияющих на обеспечение наблюдения земной поверхности. Эти результаты также могут быть полезны для прогнозирования таких наблюдений по продолжительности, по числу витков в зависимости от широты расположения наблюдаемого объекта.

Помимо задач землеобзора на борту РОС в интересах большого круга исследовательских, научных, народно-хозяйственных и других задач требуется решать вопросы определения положения объектов на поверхности Земли с требуемой точностью. Для обеспечения решения этих задач также следует знать и понимать характер взаимосвязи параметров орбиты станции

и физических свойств Земли, определяющих положение трассы на поверхности Земли [9, 10].

Таким образом, расширение возможностей по наблюдению всей территории России, предоставляемое параметрами орбиты РОС, потребуют изменения содержания учебного материала, обеспечивающего подготовку космонавтов.

С этой целью для обеспечения подготовки космонавтов в интересах будущей работы на борту РОС, представляется целесообразным в учебной дисциплине «Линии пути КА»:

1. При изучении вопроса «Солнечные орбиты» рассмотреть учебный материал, содержащий особенности построения и функционирования КА на орбите с параметрами РОС.

2. При изучении темы «Трасса КА» рассмотреть учебный материал, содержащий описание трассы РОС, ее параметров, условий ее прохождения по земной поверхности.

Литература

[1] РОСС вместо МКС. – URL: <https://www.interfax-russia.ru/view/ross-vmesto-mks> (дата обращения 25.09.2023).

[2] Национальная орбитальная космическая станция – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 25.09.2023).

[3] РКК «Энергия» впервые показала модуль станции РОСС – URL: <https://www.mk.ru/science/2021/04/23/rkk-energiya-vpervye-pokazala-modul-orbitalnoy-stancii-eto-ne-blef.html> (дата обращения 25.09.2023)

[4] Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы. Госкорпорация «Роскосмос»: [сайт]. URL: <https://www.roscosmos.ru/219/> (дата обращения 25.09.2023).

[5] Авдеевский В.С. и др. Основы теории полета космических аппаратов. – М: Издательство «Машиностроение», 1972.

[6] Аким Э.Л., Энеев Т.М. Определение параметров движения летательного аппарата по данным траекторных измерений. – «Космические исследования». – М: Издательство АН СССР, 1963.

[7] Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами. – М: Издательство «Машиностроение», 1974.

[8] Митин А.Т., Митина А.А. Навигация и баллистика пилотируемых космических аппаратов. – Звездный городок: РГНИИЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2006. – 406 с.

[9] Нариманов Г.С. Основы теории полета и проектирование космических аппаратов. – М: Издательство «Машиностроение», 1972. – 608 с.

[10] Эрике К. Космический полет. – М: «Физико-математическая литература», 1963.

ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ ПО КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКЕ В ПЕРСПЕКТИВЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Темарцев Д.А., Черняк Е.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

С 4 ноября 2021 года по 17 июля 2022 года на базе Государственного научного центра РФ института медико-биологических проблем РАН проводился изоляционный эксперимент «SIRIUS-21», во время которого происходило моделирование долгосрочной лунной миссии и выполнялась апробация элементов пилотируемой экспедиции к удаленным космическим объектам [1].

Во время изоляционного эксперимента «SIRIUS-21» было выполнено исследование «Техническое обслуживание и ремонт компьютерной техники». Задачей исследования являлась оценка возможности проведения технического обслуживания и ремонта компьютерной техники, на примере персонального компьютера типа «лэптоп», при моделировании полета в дальнем космосе в условиях длительной изоляции и автономности работы оператора. Во время изоляции каждый участник эксперимента выполнил 6 заданий, связанных с периодическим техническим обслуживанием компьютерной техники, ее программной и аппаратной диагностикой, а также ремонтом [2].

Исследование проводилось согласно разработанного плана и в соответствии с подготовленными инструкциями для выполнения каждого из заданий. Работы испытателями выполнялись с интересом. В процессе выполнения работ у некоторых участников эксперимента возникали трудности, что объясняется различными направлениями их специализации [3].

Результаты исследования показали, что подобные работы могут быть выполнены в условиях длительной изоляции и автономности работы оператора, однако для этого желательно, чтобы с операторами была проведена расширенная подготовка по компьютерной технике.

В настоящей программе подготовки космонавтов уже рассматриваются вопросы, связанные с устройством и функционированием компьютерной техники, однако при этом делается больший акцент на стационарные персональные компьютеры по сравнению с лэптопами, которым необходимо уделить несколько большее внимание. Также в настоящее время значительное развитие получили аддитивные технологии, использование которых расширяет возможности ремонта не только компьютерной техники, но и другого эксплуатируемого оборудования. В настоящее время формируется программа подготовки космонавтов по аддитивным технологиям и подготавливается материальная база для этого.

Литература

[1] Международный проект «SIRIUS». [сайт] <http://sirius.imbp.ru/>.

[2] Техническое обслуживание и ремонт компьютерной техники в целях обеспечения профессиональной деятельности космонавтов в перспективных пилотируемых миссиях в дальнем космосе / Беляев Н.А., Темарцев Д.А., Черняк Е.А. // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 14. – С. 93–94.

[3] Опыт технического обслуживания и ремонта компьютерной техники, полученный в изоляционном эксперименте «SIRIUS 21» / Беляев Н.А., Темарцев Д.А., Черняк Е.А. // Материалы Юбилейных I Международных общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина.

О СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ «ПАСПОРТ ТРЕНАЖЕРА»

**Ростопиров Т.Н., Шуров А.И., Тарасов А.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В докладе дается обоснование необходимости внедрения цифровых технологий в деятельность ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее ЦПК). Показан прототип электронного архива организации, позволяющий ускорить доступ к документации технических средств подготовки космонавтов (ТСПК). Данная работа может быть выполнена совместными усилиями структурных подразделений организации.

В настоящее время в ЦПК отсутствует централизованный ресурс разработки, хранения, сопровождения документации. Данные процедуры осуществляются сотрудниками структурных подразделений, без необходимой централизации и как следствие соблюдения единых стандартов [1, 2], контроль качества этих процессов затруднен. Затруднен так же процесс выработки единых требований, на уровне организации, по составу, содержанию и проверки качества разрабатываемой технической документации. В совокупности, все эти факторы указывают на острую необходимость создания информационной системы по ТСПК, включающей в себя электронный архив документации, учет сведений и графиков технического обслуживания. Естественно, что система должна быть интегрирована в существующую систему электронного документа оборота (СЭД) организации с учетом мониторинга процессов, осуществляемых над тем или иным ТСПК в данный момент с генерированием отчетов о проделанной работе в контрольных точках.

На начальном этапе создания информационной системы «Паспорт тренажера» руководством предприятия принято решение о создании прототипа электронного архива силами структурных подразделений ЦПК на основании схемы деления ТСПК. В данном прототипе присутствует краткая информация

о рассматриваемом средстве, его название, системы, входящие в него, по состоянию на данный момент. Помимо этого, присутствует классификация технического обслуживания на то или иное ТСПК, с указанием проведенных работ по модернизации. Все это позволяет создать единый кластер информации по направлению ТСПК, позволяя сотрудникам организации дистанционно получать необходимые данные с минимальными трудозатратами.

На данный момент осуществляется проработка функционала системы с дальнейшей реализацией прототипа в программный продукт, который позволит облегчить работу организации в целом.

Литература

[1] ГОСТ 2.503-2013 Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений.

[2] ГОСТ 2.612-2011 Единая система конструкторской документации. Электронный формуляр. Общие положения.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНТЕРНЕТ-ПЛАТФОРМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Ковинский А.А., Чуб Н.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В соответствии со «Стратегией российской пилотируемой космонавтики на период до 2035 года», утвержденной Генеральным директором Госкорпорации «Роскосмос» в августе 2022 года, наряду с продолжением работ по обеспечению полетов экипажей по программе МКС, ракетно-космические предприятия Российской Федерации создают новую космическую технику: Российскую орбитальную станцию и пилотируемый транспортный корабль нового поколения «Орел», предназначенные для использования на низкой околоземной орбите с наклоном в 97° (охват территории России 100 %) и обеспечения полетов к Луне (в дальний космос) [1].

Основным условием готовности новой пилотируемой космической техники к выполнению полетов по перспективным программам является своевременность и качество подготовки их экипажей, которые во многом определяются профессиональным уровнем специалистов Центра и средствами подготовки космонавтов (СПК). Важной составной частью СПК является учебная документация (УД), которая непосредственно используется при проведении занятий с космонавтами и при самостоятельном обучении [2]. В процессе подготовки

космонавт изучает значительное количество дисциплин под руководством специалистов по подготовке космонавтов и самостоятельно готовится к зачетам и экзаменам, что требует его обеспечения УД, как в классическом виде, так и в электронном. Необходимо отметить, что космонавтами отмечается удобство использования учебной документации в электронном виде, что обуславливает необходимость организации к ней онлайн доступа.

В докладе представлен анализ популярных информационных интернет-платформ для оценки возможности использования их технологий в процессе подготовки космонавтов и рассмотрен вопрос создания единой автоматизированной системы информационной поддержки космонавтов на основе современных информационных технологий с общей структурой, едиными требованиями к материалам, удобным доступом, загрузкой и просмотром, где будет размещаться УД для подготовки космонавтов [3].

Литература

[1] Аспекты совершенствования организационно-методической и учебной документации для организации и проведения подготовки космонавтов к выполнению полетов по перспективным пилотируемым космическим программам / В.Н. Дмитриев, А.А. Ковинский, В.Г. Корзун, Д.А. Темарцев и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 32–44. – ISSN 2226-7298.

[2] Система подготовки космонавтов в Российской Федерации / А.А. Курицын, М.М. Харламов, В.П. Хрипунов. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2020. – ISBN 978-5-9908008-3-0.

[3] Учебный комплекс подготовки космонавтов с возможностью дистанционного доступа / В.Е. Шукшунов, В.В. Янюшкин, М.М. Харламов и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 4(37). – С. 57.

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА ТПК «СОЮЗ МС» ПУТЕМ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Спирин Е.А., Блинов О.В., Крылов А.И., Панкратов А.Ф., Спирин А.Е.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Компьютерный тренажер ТПК «Союз МС», обладая компактностью, мобильностью, автономностью эффективно эксплуатируется не только в процессе своего основного предназначения – подготовки (в том числе предстартовой) экипажей МКС по режимам автоматического и ручного сближения, причаливания, стыковки-перестыковки, но и в качестве игрового симулятора в ознакомительных и образовательных целях. В нем в качестве основных элементов ручного управления используются ручки управления ориентацией и движения.

То есть традиционно коммуникация ввода команд осуществляется сенсомоторикой, а вывод информации – визуализацией событий на экранах мониторов. Результаты выполнения задания и анализ ошибок осуществляются специалистами вручную по окончании сеанса.

Отсутствие интерактивной регистрации коммуникационной (аудиальной, визуальной, сенсомоторной) биологической обратной связи не позволяет оперативно отслеживать и сигнализировать (например, озвучиванием или подсвечиванием) ошибочность действий, внося по ходу сеанса соответствующие коррекции-подсказки (как элементы графического интерфейса для дополнительного средства обучения). Более того отсутствие интерактивной диагностики психофизиологического состояния пользователя, его цифрового портрета с индивидуальными коммуникативными манерами и профессионально важными качествами не позволяют совершенствовать тренажер до уровня самообучающейся системы.

На примере опыта работы с компьютерным тренажером ТПК «Союз МС» в эксперименте SIRIUS-21 рассмотрен потенциал расширения функциональных возможностей тренажеров путем агрегирования в них дискретных и автономных оптико-электронных устройств бесконтактных измерений психофизиологических состояний пользователя.

В изоляционном эксперименте SIRIUS-21 проведены исследования по технологии айтрекинга (отслеживание глаз), заключающиеся в определении координат взора на визуальный раздражитель в плоскости наблюдаемого объекта экрана монитора или VR очков. Исследования проводилось в паре оператор и помощник оператора на симуляторе. Оператор непосредственно выполнял задачи по управлению различными виртуальными космическими аппаратами (транспортным космическим кораблем, ровером), а помощник оператора взаимодействовал с программой космического тренажера. При этом оператор помимо сенсомоторики при управлении виртуальным транспортом обязан был соблюдать условия параметров контроля управления по отображаемой точке фокусирования взгляда на повторителе экрана симулятора согласно заданному (программой) алгоритму. Расхождения между параметрами управления и записанного трека движения глаз позволяло оценивать степень психофизиологического рефлексирования.

В ходе эксперимента установлена прямая корреляционная зависимость величин расхождения параметров управления с треками движения глаз в зависимости от психоэмоциональных состояний операторов вследствие физических нагрузок на организм, а также внешнего воздействия.

Ранее, подобные результаты были получены при выполнении НИР по исследованию подходов к созданию критериально-ориентированной экспертной

системы оценивания операторских способностей кандидатов в космонавты на соответствие требованиям по профессиональной пригодности. Установлено, что чувствительность и разрешающая способность, спектральный диапазон и быстродействие оптических средств фото-, видео-, ИК-измерений, а также методов и средств обработки графических изображений позволяют в настоящем реализовать бесконтактные, в т. ч. оптические методы детекции для отслеживания психофизиологических реакции человека: по движению глаз и динамике зрачка (окулография); по мимике и жестам. Такие измерения выявляют скрытые мотивы в поведении человека в частности, и, в целом, их психоэмоциональные состояния [1–3].

Таким образом, профессиональная натренированность оператора, как его процессуальная способность безотказно и безошибочно выполнять работу на протяжении длительного периода времени в условиях космоса может быть достаточно точно оценена бесконтактными оптическими методами в системе «человек – машина», в том числе с использованием мобильного компьютерного тренажера ТПК «Союз МС» и при этом не вмешиваясь в его программно-аппаратные средства.

Литература

[1] Спирин А.Е. Подход к созданию системы мониторинга и прогнозирования профессиональной надежности космонавта // Молодежь. Техника. Космос: труды XV общероссийской молодежной науч.-техн. конф. в 4 т. – Т. 2. – СПб, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2023. – Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ». – № 95. – С. 47–54.

[2] Патент № 2 726 604 Российская Федерация. Способ и устройство дистанционной экспресс-диагностики зрительного анализатора: опублик. 14.07.2020 / Даниличев С.Н., Спирин А.Е., Жуков В.М. и др.; заявитель ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

[3] Положительное решение на выдачу патента по Заявке № 2022124599 от 19.09.2022 г. на изобретение «Способ мониторинга и прогнозирования профессиональной надёжности».

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ПРИМЕНЕНИЮ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ИНТЕРЕСАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Анисимов А.А., Дубинин В.И.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Найденов И.Н.

(ФГКВОУ ВО «ЦНИИ ВВС МО РФ», г. Москва)

Анализ потенциальных угроз интересам национальной безопасности, сложившихся в современных условиях, показывает, что они зависят от многих факторов, влияющих на их обострение и сдерживание (нейтрализацию), в том числе и достижений в научно-технической деятельности для расширяющегося

круга стран и отдельных корпораций в области использования космического пространства, научных исследований и цифровых технологий.

Как и в любой области научно-технической деятельности, в космонавтике можно выделить четыре основных аспекта: научный, прикладной, политический и интересы национальной безопасности.

Все эти аспекты значительно различаются по влиянию на развитие общества и по своему месту в национальных космических программах. Общественное представление о роли и приоритете каждого из них также различно и к тому же значительно отличается от реального положения вещей [1–5].

Поэтому под космическими системами, обеспечивающими интересы национальной безопасности, понимается любая спутниковая система, обладающая потенциалом использования ее возможностей для этих целей.

Таким образом, для решения задач в интересах национальной безопасности (оперативные наблюдения, обеспечение поисковых операций, получение и хранение данных и другое), требующих принятия решения в отношении сложных систем в ограниченное время, возникает необходимость акцентировать при наборах в отряд космонавтов людей с высшим специальным образованием (летным и техническим). Анализ опыта решения задач с оперативным участием экипажей РС МКС показывает несколько регулирующих их факторов, в частности это: правила организации совместной деятельности на МКС, конфигурация РС МКС, параметры транспортно-грузового обеспечения, совокупность состава и характеристик целевой и научной аппаратуры, что сформировало сложившиеся тенденции планирования участия космонавтов в целевой деятельности.

Реализация программы РОС позволяет перейти к планированию целевой деятельности космонавтов в целом ориентированной для решения задач в национальных интересах.

Формируются два направления, связанные со специализацией при отборе и подготовке космонавтов: обеспечение решения оперативных задач национальной безопасности реального времени и проведение фундаментальных научных исследований. Оба направления предполагают возможность набора специалистов уже имеющих соответствующее образование и прикладную квалификацию. В тоже время, практика комических полетов показывает возможность выполнения целевых программ как в ходе длительных экспедиций профессиональным космонавтом, так и в ходе экспедиций посещения участником космического полета.

Выявилось следующее противоречие, в части баланса специальностей при наборе в отряд космонавтов и формирования экипажей, для реализации программы РОС:

обеспечение интересов национальной безопасности России целесообразно осуществить за счет увеличения количества профессиональных космонавтов с базовым специальным образованием военнослужащих или сотрудников МЧС, выполнение национальных программ научных фундаментальных исследований возможно за счет увеличения количества участников космического полета с фундаментальным научно-прикладным образованием.

Литература

- [1] Стратегия российской пилотируемой космонавтики до 2035 года. – ГК «Роскосмос», 2022.
- [2] Концепция российской пилотируемой космонавтики. – ГК «Роскосмос», 2022.
- [3] Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
- [4] Жук Е.И. Пилотируемая космонавтика в интересах национальной и коллективной безопасности: монография. Звездный городок: РГНИИЦПК, 2003. – 406 с.
- [5] Жук Е.И. Пилотируемая космонавтика: международная и национальная безопасность. – Звездный городок, 2008. – 446 с.

СЕКЦИЯ 3

**НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И ЭКСПЕРИМЕНТЫ В КОСМОСЕ**

ГРУППИРОВКА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ЗАПУСКАЕМЫХ С БОРТА МКС

**Шиленков Е.А., Фролов С.Н., Титенко Е.А., Добросердов Д.Г., Зарубин Д.М.,
Щитов А.Н., Коптев Д.С.**

(ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск)

Артемьев О.Г.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Самбуров С.Н., Бродский И.Э.

(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)

Создание национальных группировок малых космических аппаратов (МКА), функционирующих на низкой орбите и отличающихся достаточно коротким временем эксплуатации (наноспутники, пикоспутники), началось с 90-х годов XX века, а наибольшее развитие получило в последние 10 лет XXI века. Имея ограниченные функциональные возможности в сравнении с космическими аппаратами больших классов, МКА отличаются коротким сроком разработки и относительно низкой стоимостью запуска на орбиту, что позволяет создавать их группировки, которые космонавт способен разворачивать в рамках одного сеанса внекорабельной деятельности [1].

Единовременное образование группировки МКА и последующее ее пополнение позволит решать или обеспечивать решение значимых производственных задач, связанных с поддержанием/предоставлением услуг космической связи (спутниковая телефонная связь, широкополосный доступ в Интернет, получение данных от датчиков и систем Интернета вещей, мониторинг участков земной поверхности, воздушного и надводного пространства, экспресс-оценка магнитных аномалий и радиочастотных доменов в околоземном пространстве и др.) – «космическая шина данных». Технологии создания космической техники в России до 2030 г. и на перспективу связаны в том числе с развитием малой космонавтики в части совершенствования аппаратно-программных средств, позволяющих повысить эффективность использования малых космических аппаратов (МКА) и продлить срок их эксплуатации.

Наибольших технических и коммерческих успехов достигли отечественные и зарубежные компании: StarLink (США), OneWeb (США–Великобритания), TeleSat (Канада), Российские космические системы (Россия), Спутник (Россия), ЦНИИмаш (Россия), а также научно-производственные центры ведущих университетов: МГУ имени М.В. Ломоносова, Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва», МГТУ имени Н.Э. Баумана, Дальневосточного федерального университета, Томского политехнического университета, Юго-Западного государственного университета

и др. Начиная с XXI века, усилиями различных разработчиков постоянно совершенствуется конструкция наноспутников (шасси, служебные подсистемы), перейдя условный порог университетских проектов.

Юго-Западный государственный университет с 2011 г. ведет исследования и разработки МКА, создав собственную технологию проектирования, конструирования и изготовления таких аппаратов. За данный период было создано и выведено на орбиту свыше 20 аппаратов. В июле 2021 г. был поставлен рекорд по одновременному запуску группировки из 10 МКА. В результате внекорабельной деятельности космонавта Олега Артёмьева и астронавта Саманты Кристофоретти (рис. 1) были успешно запущены спутники для отработки научной аппаратуры и проверки алгоритмов образования сети в условиях изменения радиовидимости между аппаратами в процессе полета. Создание группировок МКА является стратегическим направлением развития малой космонавтики, которое позволит использовать коллективный ресурс и расширять возможности аппаратов.



Рис. 1. Внекорабельная деятельность, запуск группировки МКА

Литература

[1] Автономная интеллектуальная группировка малых космических аппаратов – космический эксперимент «РадиоСкаф-5» / О.И. Атакишев, Е.А. Шиленков, С.Н. Фролов [и др.] // Известия Института инженерной физики. – 2020. – № 1(55). – С. 42–48.

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ НА БОРТУ РС МКС

Дубинин В.И., Крючков Б.И., Куликов И.Н., Попова Е.В., Беляева А.Д.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Выполнение программы космических экспериментов (КЭ) и целевых работ (ЦР) является одной из главных целей любой пилотируемой миссии на пилотируемом космическом комплексе (ПКК).

Результаты научной деятельности космонавтов на борту ПКК оцениваются с помощью различных показателей. Выбор этих показателей осуществляется по усмотрению заинтересованных специалистов: постановщиков экспериментов, специалистов ЦУПа, ученых и системных аналитиков головных НИИ космической отрасли. Зачастую, сопоставляя разнородные оценки научной деятельности космонавтов, не представляется возможным ее эффективности и качества сделать полноценные выводы, как в части организации научной работы на борту, а также и подготовки космонавтов.

Опыт выполнения полетов на МКС позволяет предложить систему показателей научной деятельности космонавтов, которая дает возможность с единых позиций осуществлять анализ и оценивание результатов КЭ и ЦР, выполняемых экипажами ПКК.

С целью удовлетворения потребностей специалистов различных категорий – разработчиков ПКК, аналитиков, ученых и др. в использовании системы показателей для оценивания результатов выполнения научной программы, рассматривается группа детерминированных и вероятных показателей, включающих в том числе комплексные, частные, временные, экономические, масштабируемые и др. показатели [1, 2].

К комплексным показателям, относятся в первую очередь вероятностные, позволяющие оценивать эффективность научной деятельности экипажа (космонавта) за экспедицию в целом, календарный этап полета (например, год) или за все время функционирования ПКК в пилотируемом режиме. Их достоинство – возможность учитывать стохастический характер процессов выполнения КЭ и ЦР. Детерминированные показатели позволяют оценивать временные характеристики выполнения космонавтами КЭ и ЦР, общие количественные показатели деятельности космонавтов – например, число КЭ и ЦР за экспедицию, календарный срок, время функционирования ПКК, динамику выполнения и развития научных программ, их ресурсное обеспечение [3–5].

Рассматривается иерархия предложенных показателей, их взаимосвязи. Предлагаются способы оценивания и рекомендации по применению.

Литература

[1] Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-59/60 при выполнении программы космического полета / А.Н. Овчинин, А.И. Кондрат, А.А. Медведев, В.В. Несмеянов, Г.Д. Орешкин, П.А. Сабуров // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 4(33). – С. 5–22.

[2] Основные результаты подготовки и деятельности командира ТПК «Союз МС-18» (бортинженера 65-й экспедиции МКС) и участников космического полета 65-й экспедиции МКС при выполнении программы космического полета / О.В. Новицкий, А.И. Кондрат, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 1(42). – С. 5–30.

[3] Рожнов В.Ф. Основы теории инженерного эксперимента: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2007. – 356 с.: ил.

[4] Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1985. – 199 с., ил.

[5] Попова Е.В., Крючков Б.И., Сорокин И.В. Технологии подготовки космонавтов для осуществления исследовательских миссий в перспективных пилотируемых программах. // Космическая техника и технологии. – 2023. – № 1(40). – С. 115–129.

ХИМИЧЕСКАЯ КОСМОЛОГИЯ, КАК ОДНА ИЗ ФОРМ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И КОСМИЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ НА ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Лукьянова О.А., Торгашев Р.Е.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Наука, изучающая минеральную структуру Луны, называется селенологией (от греческого Селена – Луна). С началом эпохи полетов космических аппаратов, открылась возможность изучения литосферы, а также образцов грунта, взятых с поверхности спутника Земли (рис. 1) [1]. Вдобавок, на нашей планете было найдено около 150 лунных метеоритов. Их подлинность была подтверждена лабораторными анализами.



Рис. 1. Лунный грунт

Достоверно известно, что полезных ископаемых органического происхождения на Луне нет, так же, как и обогащенных рудами месторождений. Но из этого не следует, что Луна не обладает потенциальными ресурсами для человечества. Луна богата полезными ископаемыми. В ее недрах имеется почти весь спектр элементов таблицы Менделеева. Относительный массовый состав этих элементов заметно отличается от земного.

В первую очередь следует обратить внимание на содержание титана в поверхностных породах лунного грунта. Титан содержится в ильмените FeTiO_3 (титанистый железняк) в количествах гораздо больших, чем на Земле. По результатам исследований лунных грунтов установлено, что его содержание может достигать 10 %, в то время как на Земле его не более 1 %.



Рис. 2. Содержание Ti и Fe в лунном грунте

Рисунок 2 дает наглядное представление о распределении Ti и Fe в поверхностных слоях реголита. Из лунного грунта можно получать кремний, железо, кислород, водород, алюминий и др. элементы. Прикидочные расчеты показывают, что в 10^5 м^3 реголита содержится около 4×10^4 т кремния, 9×10^3 т титана, $(15-30) \times 10^3$ т алюминия, $(5-25) \times 10^3$ т железа, $(8-9) \times 10^4$ т кислорода. Реголит при определенной обработке может служить хорошим строительным материалом для создания лунных баз. Его физико-химические свойства позволяют получать на основе лунного грунта высококачественные бетон, стекло, керамику и другие материалы [2]. Большой интерес вызывают редкоземельные элементы (рис. 3) в грунте Луны. Их количество на Земле крайне мало. В то же время в них сильно нуждаются такие высокотехнологичные отрасли, как авиация, космонавтика, ядерная энергетика, медицинская техника и др.

Гелий-3 (^3He) является одним из изотопов гелия. На Земле он содержится как в атмосфере, так и в мантии. Количество ^3He в реголите Луны значительно превышает его количество на Земле. По предварительным оценкам объем ^3He на Луне составляет от 5×10^5 до 10^6 тонн. В перспективе ^3He может стать эффективным ядерным топливом. На известных установках «Токомак» исследуется реакция синтеза дейтерия (D) и трития (T).

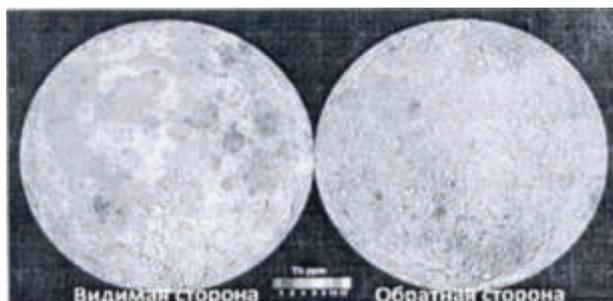


Рис. 3. Содержание редкоземельных элементов в лунном грунте

Недра Луны содержат воду и это заключение можно отнести к открытиям. H_2O внутри Луны распределяется неравномерно, что подтверждается сильным варьированием H_2O в образцах. Установлено, в частности, что в образцах богатых КРЕЕР (компоненты, содержащие К, редкоземельные элементы и Р) ее меньше, чем в вулканических образцах из лунных морей.

Вопросами проведения химического исследования элементов в рамках космического освоения Луны занимается наука *химическая космология*, изучение которой будет осуществлено на этапе подготовки космонавтов.

Литература

[1] Васильев В.И., Жуков В.М., Иродов Е.Ю., Торгашев Р.Е., Фокин В.Е. Основы космического селеноведения: Учебно-справочное пособие. – Звездный городок: «ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2021. – 172 с.

[2] Торгашев Р.Е. Физическая география материков и океанов: ресурсобеспечение и природопользование: Учебник. – Ульяновск: Зebra, 2018. – 155 с.

ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛУНЫ

Торгашев Р.Е.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

До установки первого сейсмометра на Луне, считалось, что спутник Земли – давно «мертвое» в геологическом плане космическое тело. Все изменилось 20 июля 1969 года, когда астронавты Нил Армстронг и Эдвин Олдрин, высадились на Луну. Здесь они установили всего два научных прибора: кварцевый отражатель для лазерной локации с Земли и конечно сейсмометр. Так началась эра космической сейсмологии [1].

Сейсмические сотрясения происходят на Луне регулярно, однако они сильно отличаются от землетрясений на нашей планете. Впоследствии на

лунной поверхности были оставлены еще четыре сейсмометра к предыдущему установленному ранее. Многолетние наблюдения с их помощью позволили зарегистрировать тысячи лунотрясений, большинство из которых многократно повторялись в одних и тех же очагах. За год на Луне происходит от 600 до 3000 сейсмических событий, проще говоря – лунотрясений. Было выявлено четыре вида лунотрясений:

- приливные сотрясения;
- тектонические сотрясения;
- метеоритные сотрясения;
- термальные сотрясения.

Приливные сотрясения Луны случаются дважды в месяц, каждые две недели, когда Луна оказывается на одной прямой с Землей и Солнцем, т. е. во время полнолуний и новолуний. В эти периоды усиливается действие на Луну приливных сил Земли и Солнца. При расположении этих трех небесных тел на одной линии силы их взаимного влияния друг на друга суммируются, что приводит к возникновению на Луне лунотрясений на глубине 800–1000 км.

Тектонические лунотрясения происходят при подвижках в неглубоких слоях Луны (100–300 км). Они случаются реже, чем приливные, и сила их намного слабее.

Источник **метеоритных лунотрясений** – взрывы, возникающие во время падений на поверхность Луны метеоритов. Большинство лунотрясений этого типа происходит, когда орбиту Луны пересекает какой-либо из метеорных потоков. Но могут быть и падения одиночных метеоритов.

Термальные лунотрясения, самые слабые из всех, начинаются с восходом Солнца, когда после продолжительной ночи, длящейся на Луне около 14 земных суток, холодная поверхность начинает резко нагреваться. При этом происходят подвижки грунта на крутых склонах, оползни, осыпи и другие смещения верхнего слоя, приводящие к небольшим содроганиям поверхности Луны.

Энергия, выделяющаяся за год при лунотрясениях, в несколько миллиардов раз меньше той, которой обладают землетрясения. Большая часть этой энергии выделяется на глубинах 600–800 км, то есть у подошвы твердой оболочки Луны – литосферы. Глубже этого слоя вещество находится в частично расплавленном состоянии (астеносфера), а в самом центре Луны может иметься полностью расплавленное небольшое ядро из сернистого железа [2].

Основными причинами сейсмической активности Луны являются приливное воздействие Земли и падения крупных метеоритов. Метеоритные лунотрясения могут приводить к обрушениям склонов лунных кратеров до тех пор, пока те не станут достаточно пологими, чтобы на них не образовывались оползни [3].

Вероятность крупных сейсмических событий очень мала. Такие лунотрясения случаются лишь при падениях крупных метеоритов, что происходит чрезвычайно редко.

Под корой до глубины 800 км лежит мантия, в которой, начиная с глубины примерно 100 км, появляются признаки слабой современной активности, проявляющиеся лунотрясениями. Глубже 800 км, по-видимому, появляется существенное количество расплава, который не пропускает поперечные сейсмические волны.

Эпицентры лунотрясений складываются в два широких размытых пояса, не совпадающих с поясами темных морей.

Литература

[1] Васильев В.И., Жуков В.М., Иродов Е.Ю., Торгашев Р.Е., Фокин В.Е. Основы космического селеноведения: Учебно-справочное пособие. – Звездный городок: «ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2021. – 172 с.

[2] Торгашев Р.Е. Физическая география материков и океанов: ресурсообеспечение и природопользование: Учебник. – Ульяновск: Зебра, 2018. – 155 с.

[3] Торгашев Р.Е. Направления повышения эффективности использования природных ресурсов в структуре экономического потенциала государства // Современные проблемы управления и регулирования: поиск оптимальных решений: Монография. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2016. – С. 25–36.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ ЛУННОГО ГРУНТА. ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛУННЫХ ПОРОД

**Торгашев Р.Е., Лукьянова О.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Исследование проб лунного грунта показало существенное отличие в составе пород морских и материковых районов Луны. В состав морских пород входят оливины, глиноземистые и титанистые базальты с различным содержанием щелочей, материковые – это габбро-норит-анортозитовые породы, глиноземистые базальты и крипбазальты, редкоземельные элементы и фосфор. Всего выделено шесть типов пород, залегающих на поверхности Луны, и для каждого класса определены пределы вариаций состава. Описано более 50 лунных минералов: ведущее место принадлежит силикатам и окислам. В качестве сопутствующих минералов встречаются фосфаты, сульфиды, карбиды и фосфиды (для сравнения: в земной коре обнаружено более 2000 минералов) [1]. Лунные породы обеднены железом, водой и летучими компонентами. Химический состав реголита существенно зависит от взятия пробы.

Лунные горные породы разделяются на три группы:

- Базальты лунных морей, теолитовые базальты;
- АНТ-породы;
- КРЕЕР-породы [2].

Базальты лунных морей образовались в процессе близко поверхностной кристаллизации базальтовых лав [3]. Возраст этих пород 3,1–3,9 млрд. лет, – это самые молодые породы, доставленные с Луны. Основными минералами являются пироксены, плагиоклазы, ильменит, оливины.

АНТ-породы (анортозит–норит–троктолитовые) – это породы в которых преобладают плагиоклазы и пироксены, с примесями оливина. Возраст 3,6–4,6 млрд. лет, обычно самые древние породы. Являются продуктами падения метеоритов и метаморфизма, подверглись интенсивным структурным изменениям, которые почти полностью уничтожили их первичные особенности. Большинство АНТ-пород представляют собой брекчии, и могут состоять из смеси пород, формировавшихся независимо.

КРЕЕР-породы, включающие соединения калия – К и редкоземельные элементы (англ. Rare Earth Element) – REE и фосфора – Р.

Литература

[1] Васильев В.И., Жуков В.М., Иродов Е.Ю., Торгашев Р.Е., Фокин В.Е. Основы космического селеноведения: Учебно-справочное пособие. – Звездный городок: «ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2021. – 172 с.

[2] Торгашев Р.Е. Физическая география материков и океанов: ресурсообеспечение и природопользование: Учебник. – Ульяновск: Зебра, 2018. – 155 с.

[3] Торгашев Р.Е. Направления повышения эффективности использования природных ресурсов в структуре экономического потенциала государства // Современные проблемы управления и регулирования: поиск оптимальных решений: Монография. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2016. – С. 25–36.

ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ КРИСТАЛЛОВ ТЕЛЛУРИДА ЦИНКА-КАДМИЯ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

**Ажгалиева А.С., Борисенко Е.Б., Борисенко Д.Н., Колесников Н.Н.,
Тимонина А.В., Фурсова Т.Н., Шахлевич О.Ф.
(ИФТТ РАН, г. Черноголовка)**

**Бурмистров А.Е., Сенченков А.С., Яроцкий Б.И.
(НИИСК, г. Москва)**

Кристаллы CdZnTe являются многофункциональными материалами для детекторов рентгеновского и гамма-излучения, а также используются в качестве

подложек для эпитаксиального роста CdHgTe для инфракрасных матричных детекторов. Эти материалы перспективны для таких применений благодаря большому атомному номеру, широкой запрещенной зоне, высокому электро-сопротивлению, а также химической стабильности, что обеспечивает высокое разрешение и длительную стабильность детекторов, работающих при комнатной температуре. Для детекторов требуются особочистые кристаллы стехиометрического состава, с минимальным количеством структурных дефектов, примесей, включений второй фазы. Границы зерен, субграницы, двойники, дислокации и включения Te размерами 10–20 мкм являются основными дефектами, влияющими на свойства материалов детекторов CdTe и CZT, снижающими производительность и ограничивающими их размеры. Включения Te диаметром до 3 мкм не оказывают существенного отрицательного влияния на производительность, КПД, а спектральное разрешение детектора лучше, когда размер включений меньше. Было отмечено, что условия микрогравитации ослабляют естественную конвекцию, и, поэтому, в переносе тепла и массы преобладает диффузия. Таким образом, микрогравитация предоставляет уникальную возможность усовершенствовать технологию выращивания однородных кристаллов [1].

Для первой серии экспериментов были разработаны и изготовлены ампулы с материалами для выращивания кристаллов в космосе. В ампулу помещают образец, состоящий из ориентированной затравки, растворителя и питающего слитка. В качестве затравок использовались кристаллы CZT с ориентацией {110}, питающими нагрузками являлись поликристаллические слитки CZT составов $\text{Cd}_{0,96}\text{Zn}_{0,04}\text{Te}$ и $\text{Cd}_{0,9}\text{Zn}_{0,1}\text{Te}$. Исходные кристаллы для загрузки были выращены методом вертикальной зонной плавки под давлением аргона. Для выращивания кристаллов CZT в условиях микрогравитации будет использоваться метод движущейся зоны растворителя с избыточным содержанием теллура, что позволяет снизить температуру процесса до уровня, приемлемого для оборудования, размещаемого на космических объектах. При таких температурах кристаллизации растворимость избыточного теллура в твердом CdTe снижается, тем самым ограничивая образование выделений теллура в кристалле при его охлаждении [1].

Для контроля состава материалов, предназначенных для затравки, растворителя и питающего слитка было проведено измерение элементного и фазового состава. Также проведена съемка спектров пропускания в видимом диапазоне и вычислена ширина запрещенной зоны образцов при комнатной температуре. Был проведен рентгеноструктурный анализ затравки, определены плотности дислокаций, включений второй фазы кристаллов теллурида цинка кадмия, предназначенных для затравки и питающего слитка.

Ампулы с материалами подготовлены для отправки на МКС для выращивания в условиях микрогравитации на ростовом оборудовании, уже установленном в модуле «Наука».

Литература

[1] Zou J., Fauler A., Senchenkov A.S., Kolesnikov N.N., Fiederle M. Analysis of Te Inclusion Striations in (Cd,Zn)Te Crystals Grown by Traveling Heater Method // Crystals. – V.11. – 2021. – № 649. – <https://doi.org/10.3390/cryst11060649>.

РОССИЙСКО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА АППАРАТУРЕ «ПЛАЗМЕННЫЙ КРИСТАЛЛ-4» НА МКС – ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

**Петров О.Ф., Зобнин А.В., Липаев А.М., Наумкин В.Н., Усачев А.Д.
(ОИВТ РАН, г. Москва)**

**Сабуров П.А., Лукьянова О.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

**Тома М.Х., Кречмер М.
(Первый институт физики Гиссенского университета им. Ю. Либиха,
г. Гиссен, Германия)**

Целью совместного российско-европейского космического эксперимента «Плазменный кристалл» на научной аппаратуре «Плазменный кристалл-4» (НА ПК-4) является комплексное исследование фундаментальных структурных и динамических свойств пылевой плазмы в газовом разряде постоянного тока, в высокочастотном индукционном разряде и в их комбинациях. Микрогравитация является необходимым условием для таких исследований, так как в наземных лабораториях сила тяжести искажает плазменно-пылевые структуры. НА ПК-4 установлена в европейском лабораторном модуле Колумбус и обслуживается российскими космонавтами. Описание экспериментальной аппаратуры приводится в [1].

За период с введения НА ПК-4 в эксплуатацию в 2015 году и по настоящее время проведено 17 экспериментальных серий на борту МКС. Получен большой объем экспериментальных данных, на основе которых опубликовано 20 статей в высокорейтинговых международных журналах. В числе прочих получены следующие приоритетные научные данные: впервые обнаружен и описан новый тип поперечной плазменно-пылевой неустойчивости в положительном столбе разряда постоянного тока, впервые обнаружена и описана эволюция 3-мерной структуры струнной плазменно-пылевой жидкости, обнаружено замедление плазменно-пылевого звука в струнной плазменно-пылевой

жидкости, измерена вязкость плазменно-пылевой подсистемы, которая оказалась много меньше измеренной в земных условиях, получено экспериментальное дисперсионное соотношение для линейных плазменно-пылевых волн в условиях эксперимента, впервые получено и исследовано явление бифуркации (расщепления) плазменно-пылевой волны при смене полярности разряда, впервые получены сферические плазменно-пылевые структуры, образующиеся не во внешних плазменно-пылевых ловушках, а удерживаемые плазменными потоками, рекомбинирующими на поверхности пылевых частиц. В настоящее время на МКС продолжаются эксперименты по исследованию бинарных плазменно-пылевых структур и ударных плазменно-пылевых волн.

Необходимо отметить очень эффективную работу российских космонавтов по монтажу НА ПК-4 в лабораторном модуле Колумбус (Самокутяев А.М. и Серова Е.О.), участию в проведении экспериментов (Падалка Г.И., Кононенко О.Д., Иванишин А.А., Новицкий О.В., Скворцов А.А., Скрипочка О.И., Рыжиков С.Н., Шкаплеров А.Н., Прокопьев С.В.) и сложному ремонту НА ПК-4 на борту МКС (Прокопьев С.В., рис. 1). В настоящее время Европейское космическое агентство проводит работы по замене способа передачи видеоданных с МКС на Землю – вместо использования жестких дисков видеоданные будут транслироваться по радиоканалу.

Приведенные и другие данные, полученные в рамках КЭ «Плазменный кристалл» имеют широкое фундаментальное и прикладное значение, в частности полученные данные о зарядке пылевых частиц и различных сил, действующих на них, позволят прогнозировать поведение пылевой компоненты как в условиях космического пространства (около Луны и комет, в кольцах Сатурна и других планет), так и в мощных плазменных и энергетических установках,

в т. ч. в токамаках. Опыт эксплуатации НА ПК-4 показал значительное повышение надежности работы аппаратуры в условиях пилотируемых космических комплексов.

Авторы благодарят Роскосмос и Европейское космическое агентство за техническую помощь в проведении космического эксперимента «Плазменный кристалл-4» на борту МКС. Сотрудники ОИВТ РАН Усачев А.Д. и Липаев были поддержаны Российским научным фондом, грант № 20-12-00365.



Рис. 1. Космонавт С.В. Прокопьев приветствует с МКС постановщиков космического эксперимента 6 июня 2023 года на фоне НА ПК-4

Литература

[1] Pustynnik M.Y. et al. Plasmakristall-4: New complex (dusty) plasma laboratory on board the International Space Station // Review of Scientific Instruments. – 2016. – V. 87. – P. 093505.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

**Мелихов А.С., Болодьян И.А., Мордвинова А.В., Истомин И.В.
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха)**

Экспериментальное исследование процесса горения в условиях космического полета прорабатывается в первую очередь для разработки технических решений по обеспечению пожарной безопасности в обитаемых гермоотсеках (ОбГО) космических летательных аппаратов (КЛА).

Повышенный риск возникновения возгораний в ОбГО КЛА обусловлен тем, что, во-первых, азотно-кислородная атмосфера в процессе работы средств регенерации кислорода существенно обогащается кислородом, во-вторых, большинство конструкционных полимерных материалов являются горючими в атмосфере ОбГО КЛА и, в-третьих, по статистическим данным практически все возгорания в ОбГО КЛА начинались от источников электрической природы, образовавшихся при аварийных отказах элементов токоагрегуемых электрических цепей [1], которых в ОбГО КЛА множество.

Для обеспечения пожарной безопасности ОбГО КЛА особый интерес представляло исследование протекания процесса горения в условиях микрогравитации (невесомости). Сначала этот процесс изучался на наземных экспериментальных установках (ЭУ) в виде свободно падающих контейнеров и «Плоский канал». В последнем естественная конвекция исключалась и тем самым имитировалась микрогравитация путем реализации идеи авторов работы [2]. Основополагающие результаты на борту орбитальной станции «Мир» с помощью ЭУ «Скорость» подтвердили вывод предварительных опытов в условиях имитации микрогравитации о том, что горение полимерных материалов в атмосфере ОбГО КЛА во время орбитального полета возможно только при наличии вентиляционных потоков.

В этой связи ОбГО российских КЛА оснащаются автоматической системой пожарообнаружения и пожаротушения (СПОПТ), принцип действия которой состоит в том, что при обнаружении возгорания автоматически снижается производительность вентиляционной системы до уровня, при котором скорость вентиляционного потока в местах размещения элементов из горючих полимерных материалов снижается ниже предельного значения V_{lim} . При

скорости потока ниже величины V_{lim} горение полимерных материалов не происходит. Процесс потухания возгорания в ОбГО КЛА при срабатывании системы СПОПТ показан на рис. 1. При изучении процесса горения композиционных материалов на ЭУ «Плоский канал» обнаружено явление самопроизвольного потухания элементов из этих материалов при наличии вентиляционного потока со скоростью, превышающей V_{lim} (рис. 2).

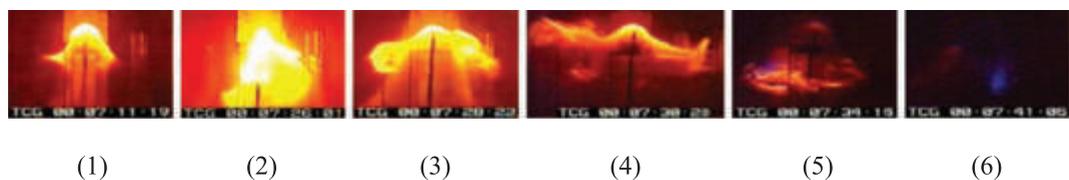


Рис. 1. Процесс развития горения (кадры 1 и 2) и процесс потухания (кадры 3–6) элемента из органического стекла в условиях невесомости на станции «Мир» при срабатывании системы СПОПТ. Газовый поток на кадрах направлен сверху

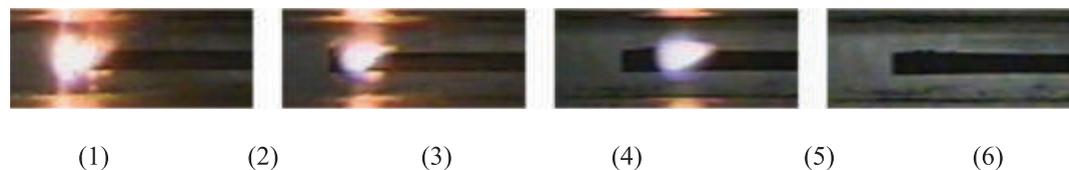


Рис. 2. Горение и самопотухание элемента из стеклопластика в невесомости при скорости газового потока, равной 20 см/с, и концентрации кислорода, равной 23,0 %

Причина самопотухания композиционных материалов в условиях микрогравитации, вероятно, состоит в следующем. После прохождения по элементу фронта горения, позади него остается негорючий твердый остаток. Торможение вентиляционного потока на образовавшемся твердом остатке приводит к снижению скорости газового потока в зоне горения элемента до значения ниже V_{lim} для связующего, вследствие чего горение элемента на некотором расстоянии от места воспламенения прекращается.

Поскольку композиционные материалы находят все более широкое применение при создании оборудования для ОбГО КЛА, выявление причин возможного самопотухания композиционных материалов в условиях невесомости в космическом полете имеет особую актуальность.

Таким образом, по мнению ФГБУ ВНИИПО МЧС России, существует необходимость проведения серии исследований в условиях невесомости в космическом полете при участии ведущих предприятий космической отрасли. Результаты космического эксперимента могут иметь высокую научную и практи-

ческую значимость в развитии исследований по созданию пожаробезопасных материалов для использования в ОБГО КЛА.

Литература

- [1] Мелихов А.С. Обеспечение пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков космических летательных аппаратов. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2021. – 728 с.
[2] Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи – М.: Изд-во «Энергия», 1977. – 344 с.

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА В УСЛОВИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Сундеев Р.В.

(ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва)

Аморфная структура характеризуется отсутствием дальнего порядка в расположении атомов, она изотропна, в ней отсутствуют дефекты структуры, типичные для поликристаллических сплавов. Следствием такой структуры являются необычные магнитные, электрические свойства и коррозионная стойкость аморфных металлических сплавов. Эти материалы также проявляют исключительно высокие механическую твердость и прочность при растяжении. Например, магнитомягкие свойства металлических стекол, в основном, оказываются лучше свойств пермаллоев, притом эти свойства более стабильны при комнатных температурах. Широкому распространению аморфных металлов препятствуют высокая себестоимость и сравнительно низкая термическая устойчивость. Все уникальные свойства этих материалов исчезают при неконтролируемом нагреве. Поэтому кажется логичным применять такого рода сплавы при низких температурах, например, в приборах, работающих в авиационной и космической технике.

В работе исследовали аморфные сплавы на основе Fe с одинаковым содержанием В: $Fe_{50}Ni_{33}B_{17}$, $Fe_{54}Ni_{29}B_{17}$, $Fe_{58}Ni_{25}B_{17}$ и $Fe_{75}Si_8B_{17}$. При приготовлении сплавов использовались компоненты высокой чистоты, которые измельчались и смешивались в необходимых пропорциях. Обнаружено, что исходно аморфные сплавы остаются аморфными после кручения под высоким давлением (КВД) при 77К в рамках исследования методами рентгенофазового анализа и просвечивающей электронной микроскопии. Исследования методом EXAFS-спектроскопии показали, что в ходе КВД изменяется как химическое окружение выбранного атома Fe, так и среднее межатомное расстояние пар Fe-Fe, Fe-Si и Fe-Ni. В сплавах $Fe_{58}Ni_{25}B_{17}$ и $Fe_{75}Si_8B_{17}$ обнаружено изменение

характера композиционного ближнего порядка для атомов Fe с одновременным уменьшением среднего межатомного расстояния для пар атомов Fe-Fe. В сплавах $Fe_{50}Ni_{33}B_{17}$ и $Fe_{54}Ni_{29}B_{17}$ изменения межатомных расстояний между различными парами атомов не зафиксировано. В этих сплавах обнаружено только изменение химического состава окружения атома Fe: часть атомов Fe замещается атомами Ni. Подобное изменение локальной атомной структуры и в том, и в другом случае приводит к уменьшению намагниченности насыщения в исследуемых аморфных сплавах на основе Fe после КВД при 77К. Резкое увеличение коэрцитивной силы после КВД при 77К объясняется отсутствием каналов релаксации упругих напряжений вследствие подавления термоактивационных процессов. Показано, что КВД при 77К, приводит к образованию более устойчивого к кристаллизации аморфного состояния, чем после закалки из расплава.

**САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ,
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА**

**Ситников Н.Н., Грешнякова С.В., Залетова И.А., Исаков Т.Ф.,
Ризаханов Р.Н., Тымко Н.П.
(АО ГНЦ «Центр Келдыша», г. Москва)
Дубинин В.И., Лукьянова О.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В работе рассмотрены достижения последних лет в области проектирования и изготовления искусственных самовосстанавливающихся материалов и композиционных систем, которые могут быть использованы в качестве защиты от повреждающих факторов внешней среды. При рассмотрении механизмов самовосстановления в различных материалах можно выделить общие принципы их реализации, которые заключаются в наличии, по крайней мере, двух факторов: направленного массопереноса в область дефекта и восстановление или образование устойчивых связей в данной области. Такие свойства эффективно проявляются в полимерных материалах, обладающих вязкотекучими, пластичными и эластичными свойствами, в которых подвижность молекулярных цепей позволяет провести структурную перестройку для восстановления связей. Для эффективного самозалечивания слоистый композиционный материал должен содержать один или несколько слоев, реализующих направленный массоперенос в область дефекта. Отмечено, что слоистая структура композитного материала с внутренним вязкотекучим наполнителем, за счет

направленного массопереноса вязкотекучего компонента и его консолидации в области дефекта, способна быстро восстанавливать герметичность материала после сквозных повреждений.

Например, в АО ГНЦ «Центр Келдыша» разрабатываются слоистые самозалечивающиеся композиционные материалы, которые потенциально могут быть применимы для защиты от разгерметизации при пробое микрометеороидами или частицами мелкого космического мусора [1–3]. Разработаны подходы к организации самозалечивания и конфигурации слоистых самозалечивающихся композиционных материалов с различными композициями вязкотекучей матрицы, наполнителями, внутренними барьерными и ограничительными слоями, выполняющих функцию локализации и консолидации основного вязкотекучего самозалечивающего компонента в области дефекта [2]. Продемонстрированы гибкие слоистые композиционные материалы способные самостоятельно восстанавливать герметичность за времена менее секунды, что открывает перспективы их использования в надувных конструкциях для защиты от утечек внутренней атмосферы [2, 3].

Общее состояние разработок материалов, реализующих эффекты самозалечивания, для космического применения представлено ограниченным числом лабораторных прототипов. В основном, эти материалы представлены в виде композиционных систем, в которых эффект самозалечивания реализуется вследствие взаимодействия компонентов материалов при образовании дефектов. Применение в изделиях ракетно-космической техники таким материалам сдерживается высокими требованиями к функциональным материалам и эффективность самозалечивания без ухудшения исходных механических характеристик. Для использования таких новых материалов при проектировании нетрадиционных космических конструкций, например, надувных, требуются новые подходы к определению характеристик, дающие более релевантную информацию о механизмах самовосстановления. Выбор подходящих испытаний и тестов, учитывающих разностороннее воздействие факторов космического пространства, является необходимым шагом для внедрения в космическую технику новых самовосстанавливающихся композиционных полимерных систем. Экспериментальные исследования свойств самовосстанавливающихся материалов в условиях космического полета целесообразно планировать и провести в рамках раздела ТОКП ДПЦР, в два этапа – внутри модулей РС МКС и на внешней поверхности. Предусмотреть возврат результатов и наземные испытания лабораторных образцов, при создании научной аппаратуры, в условиях моделирования перегрузки этапов выведения и посадки КА на центрифуге ЦФ-18 и моделировании кратковременной невесомости на самолете-лаборатории Ил-76МДК.

Применение подобных материалов открывает новые возможности и может привести к созданию более безопасных, легких и надежных космических конструкций с защитой от утечек вследствие пробоя микрометеороидами и будет востребованной при создании обшивок самогерметизирующихся емкостей, систем отвода тепла, скафандров, а также перспективных разворачиваемых модулей космических аппаратов и лунных станций.

Литература

[1] Патент 2710623 С1 (RU). Композиционный слоистый самозалечивающийся материал (варианты). Ситников Н.Н., Хабибуллина И.А., Ризаханов Р.Н. // Заявитель и патентообладатель АО ГНЦ «Центр Келдыша», опубл. 30.12.2019. Бюл. № 1. – 11 с.

[2] Ситников Н.Н., Хабибуллина И.А., Машенко В.И. и др. Слоистые самозалечивающиеся композиты с внутренним функциональным слоем на основе боросилоксана // Перспективные материалы. – 2020. – № 4. – С. 11–23.

[3] Самозалечивающиеся материалы для решения функциональных задач в космической технике / Блошенко А.В., Дубинин В.И., Залетова И.А. и др. // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2023. – № 1(59). – С. 30–44.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА БОРТУ МКС

Старицын Н.А., Синчурина Е.В., Крашенинникова Т.К., Карташов М.С.
(ОАО «Биохиммаш», г. Москва)

Попова Е.В., Сабуров П.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Исследования в области космической медицины выявили несколько направлений влияния факторов длительного космического полета, которые приводят к оксидативному стрессу, повреждению ДНК, дисрегуляции функций митохондрий, эпигенетическим сдвигам, вариациям длины теломер, изменениям микробиома [1].

Усилия ученых направлены на изучение и минимизацию негативного действия факторов космического полета на живые системы, в частности начало биотехнологических исследований было положено проведением первых экспериментов в этой области на станциях «Салют» и «Мир» [2].

Исследования в области биотехнологии продолжены на международной космической станции и направлены на контроль санитарно-гигиенических нормативов, например эксперимент «Асептик» [3], изучение продуцентов биологически-активных веществ, работы «Конъюгация», «Продуцент» [4, 5], оценку возможности получения и внедрения пищевых добавок, обладающих антиоксидантными и радиопротекторными свойствами «Пробиовит» [6, 7]. К экспериментам в области создания элементов биологической системы

обеспечения жизнедеятельности относятся работы «Каскад», «Фотобиореактор». В экспериментах «Биопленка», «Микровир» и других изучены особенности активности микроорганизмов в условиях воздействия факторов космического полета (ФКП) [8–10].

Вышеперечисленные биотехнологические исследования, а также и другие, реализованные на космических станциях «Салют», «Мир», МКС, позволяют получить новые научные данные о воздействии ФКП на живые системы и определить пути обеспечения благоприятной окружающей среды на период длительных космических полетов.

Литература

[1] Orlov O.I. et al. Fundamental Biological Features of Spaceflight: Advancing the Field to Enable Deep-Space Exploration. – *Cell*. 2020. – V. 183(5). – P. 1162–1184. – Doi: 10.1016/j.cell.2020.10.050

[2] Константин Феоктистов. Траектория жизни. Между вчера и завтра. – М.: Вагриус, 2000. – 380 с.

[3] Микробиологическая биобезопасность в замкнутых обитаемых пространствах с длительным пребыванием в условиях космического полета / Старицын Н.А., Колесников В.Н., Евстигнеев В.И., Лазутина Л.Ф., Лаврикова В.В. // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, 10–12 ноября 2015.

[4] Перенос плазмид при бактериальной конъюгации в условиях орбитального космического полета / Зеров Ю.П., Мурашев Б.В., Смирнова Г.В., Тихомирова В.П. // *Космонавтика и ракетостроение*. – 2007. – № 4(49). – С. 95–102.

[5] Зеров Ю.П., Митичкин О.В. Study of effect of microgravity and other factors of orbital flight on transfer and exchange of genetic material in process of bacterial conjugation and protoplast fusion // *NASA/RSA Science and Technical Advisory Council Research*. – 1996. – P. 131.

[6] Кобатов А.И., Евстигнеев В.И., Гуреева Е.А. Итоги выполнения КЭ «Биоэмульсия» и «Лактолен» на РС МКС в период с 2007 по 2014 г. // Международная научно-практическая конференция «Научные исследования и эксперименты на МКС», 2015, 9–11 апреля.

[7] Результаты первого эксперимента по получению кисломолочного пробиотического продукта на борту пилотируемого космического корабля / Кобатов А.И., Евстигнеев В.И., Гуреева Е.А., Вербицкая Н.Б., Добролеж О.В. // *Медицина экстремальных ситуаций*. – 2018. – № 20(3). – С. 89–99.

[8] Особенности формирования бактериальных биопленок в условиях космического полета / Рыбальченко О.В., О.Г. Орлова, О.Н. Вишневская, В.В. Капустина, И.Л. Потокин, В.В. Лаврикова // *Журн. Микробиол.* – 2016. – № 6. – С. 3–10. – <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2016-6-3-10>.

[9] Изучение влияния факторов космического полета на взаимодействие бактериофага с бактерией / Сыкилинда Н.Н., Мирошников К.А., Гуреева Е.А., Лаврикова В.В., Старицын Н.А. // XII Международная научно-практической конференция «Пилотируемые полеты в космос», 2019.

[10] Ilyin V.K. Microbiological status of cosmonauts during orbital spaceflights on Salyut and Mir orbital stations. – *Acta Astronaut.* – 2005, May–Jun; 56(9–12): 839–50. – Doi: 10.1016/j.actaastro.2005.01.009.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА
НА СВОЙСТВА КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ
РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП**

Синчурина Е.В., Балтина И.Ю.

(ОАО «Биохиммаш», г. Москва)

Попова Е.В., Кутепова О.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Прохорова А.В.

(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)

Изменение интенсивности магнитного поля может являться сильным воздействующим фактором космического пространства на живые организмы при дальних полетах в космос и требует серьезного фундаментального и прикладного изучения, особенно, в связи с постоянно нарастающей продолжительностью космических полетов.

Целью выполнения ЦР «Биомаг-М» является изучение изменения свойств биообъектов и возможности повышения их активности в условиях экранирования магнитного поля при воздействии основных факторов космического пространства.

В качестве объектов исследования в эксперименте «Биомаг-М» использовались бактериальная *Arthrobacter sp. OC-1* и грибная *Mycelium radialis var. ledum иттам* НЖ-13 культуры на плотных питательных средах и в суспензионном виде на жидких питательных средах.

По завершению процесса культивирования на борту МКС результаты эксперимента «Биомаг-М» возвращали на Землю в лабораторию «Космической биотехнологии» ОАО «Биохиммаш», где проводили лабораторные исследования космического биоматериала.

Первый этап эксперимента с НА «Фактор», который был начат в период МКС-61 и продолжен в период МКС-63 позволил изучить влияние ФКП на продуктивность вариантов бактериальной *Arthrobacter sp. OC-1* при экспозиции в течение 7 и 6,5 суток соответственно. В период МКС-61 в сравнении с исходной концентрацией суспензии клеток – $1,36 \cdot 10^7$ кл/мл, которой заправляли пробирки с жидкой питательной средой, через 7 суток мы наблюдали увеличение концентрации клеток. В большей степени концентрация клеток увеличивалась в летном варианте – $5,71 \cdot 10^8$ кл/мл, чем в наземном – $4,67 \cdot 10^8$ кл/мл. В период МКС-63 была получена аналогичная закономерность. Начальная концентрация клеток при заправке была равна $1,21 \cdot 10^7$ кл/мл, по окончании реализации ЦР в летном варианте концентрация клеток увеличилась до $6,50 \cdot 10^8$ кл/мл, по сравнению с наземным $4,40 \cdot 10^8$ кл/мл. При выращивании на плотной питательной

среде поверхностный рост культуры был обильный, сплошной с ровным краем, как в летных, так и наземных образцах. Все варианты активно развивались как поверхностно, так и суспензионно, сохранили свои микро- и макроморфологические характеристики. По результатам исследований факторы космического полета не внесли значительных изменений в морфологические и физиологические характеристики бактериальной культуры [1, 2].

На первом этапе реализации эксперимента в период МКС-66/1 и 66/2 оценивали рост грибной культуры *Mycelium radialis* var. *ledum* штамм НЖ-13 при экспозиции в течении 11 и 20 суток. По окончании проведения ЦР поверхностный рост мицелия культуры *Mycelium radialis* var. *ledum* НЖ-13 в чашках был плотный, обильный, сплошной с ровным краем, как в летных, так и наземных образцах. Незначительное отличие некоторых биохимических показателей в летном варианте в сравнении с контрольным вариантом могут быть объяснены влиянием различных факторов космического полета на грибные клетки во время их культивирования, и вероятным возникновением стрессовых ситуаций для культуры. По результатам проведенного анализа ДНК методом фингерпринта выявили генетические различия летного штамма от контрольного: в хромосоме летного варианта могли произойти не только мутации типа точечных замен нуклеотидов, но и такие мутации, как инверсии или делеции. Летная культура, полученная в период экспедиции МКС-66/1, задепонирована в БРЦ ВКПМ 27.09.2022 года; регистрационный номер F – 1729.

В настоящее время реализуется второй этап ЦР «Биомаг-М» при использовании НА «Биомагнистат-Ф», предназначенной для экранирования магнитных полей с возможностью регистрации внешних магнитных полей и температуры в условиях орбитального полета, а также на этапах доставки и возвращения на Землю. Представляет научный интерес изучения длительного пребывания микроорганизмов при экранировании магнитного поля в рамках ЦР «Биомаг-М».

Литература

[1] Теоретические основы биотехнологии. Биохимические основы синтеза биологически активных веществ / Бутова С.Н., Типисева И.А, Зль-Регистан Г.И.; под общей редакцией И.М. Грачевой. – М.: Элевар, 2003. – 554 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).

[2] Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Н. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.

КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ «ПРОБИОВИТ»: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Кобатов А.И., Полынцев Д.Г., Савин И.И.
(ООО «АлкорБио» г. Санкт-Петербург)

Попова Е.В., Кутник И.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Рассматривая условия, в которых находятся космонавты в процессе выполнения космического полета, можно сказать, что герметичный замкнутый отсек корабля, с точки зрения микробиолога, есть не что иное – как биореактор, в котором созданы оптимальные условия по температуре и влажности для роста и размножения присутствующей в атмосфере корабля микрофлоры.

Одним из методов, позволяющих снизить отрицательное воздействие внешних патогенов на внутреннюю среду организма, может считаться метод пробиотикотерапии. На сегодняшний день доказано, что наибольшим пробиотическим потенциалом обладают клетки *Lactobacillus acidophilus* [1].

В настоящее время на борту РС МКС в рамках реализации космического эксперимента «Пробиовит» апробируется технология, позволяющая получать на борту ПКК кисломолочный продукт, содержащий живые клетки *L.acidophilus* и обладающий пробиотическими свойствами.

В качестве посевного материала используются пористые быстро растворимые таблетки, содержащие в своем составе клетки *L. acidophilus* (штаммы Д № 75 и Д № 76). В качестве питательной среды – сублимационно высушенное и измельченное питьевое молоко. Препарат расфасовывается на Земле в типовые спецпакеты, используемые в настоящее время для доставки на борт МКС сухих пищевых продуктов.

На борту МКС в пакет вносится необходимое количество питьевой воды из бортовых источников, после чего регидратированный продукт помещается в бортовой термостат при 37 °С на 22–24 часа. Вся технология получения кисломолочного продукта на борту ПКК является для космонавтов одностадийной.

Всего, в период с 2017 г. по 2022 г. на борту МКС было выполнено 8 экспериментов с участием находящихся на тот момент экипажей (таблица) [2].

Космические эксперименты, выполненные к настоящему времени в рамках реализации КЭ «Пробиовит», позволяют сделать положительный вывод о возможности получения кисломолочного пробиотического продукта на борту ПКК посредством использования разработанной в ходе выполнения данного КЭ технологии, и использовать в последующем полученный продукт в целях снижения медицинских рисков для их экипажей.

№ экспедиции на МКС	Дата проведения эксперимента	Биологическая активность (КОЕ*/мл)	Антагонизм к УПБ** (% к контролю)	Активная кислотность Летный / Земной	Динамическая вязкость (Па·с)
1	2	3	4	5	6
МКС-50	03. 2017г.	4,0 x 10 ⁸	107,1	3,5 / 3,4	3,9
МКС-52	09. 2017 г.	4,3 x 10 ⁸	108,5	3,6 / 3,5	4,5
МКС-56	09. 2018 г.	4,1 x 10 ⁸	107,1	3,4 / 3,4	6,5
МКС-57	12. 2018 г.	7,0 x 10 ⁸	108,5	3,6 / 3,5	14,4
МКС-59	06. 2019 г.	4,0 x 10 ⁸	102,5	3,3 / 3,3	18,2
МКС-61	01. 2020 г.	3,4 x 10 ⁸	102,5	3,5 / 3,4	10,2
МКС-65	10. 2021 г.	5,0 x 10 ⁸	105,0	3,3 / 3,3	11,0
МКС-66	03. 2022 г.	4,4 x 10 ⁸	106,5	3,4 / 3,7	10,0

*Колонии-образующие единицы;

**УПБ – условно-патогенные бактерии.

Высокие качества полученных кисломолочных продуктов, подтвержденные летными и наземными экспериментами, дают основание для разработки рекомендаций по включению их в рацион питания и состав лечебно-профилактических мероприятий.

Литература

[1] Кобатов А.И. Обоснование возможности использования кисломолочного пробиотического продукта для снижения медицинских рисков полетов в дальний космос // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 2(27). – С. 81–98.

[2] Космический эксперимент «Пробиовит»: итоги и перспективы (Часть 2) / Кобатов А.И., Полинцев Д.Г., Савин И.И., Попова Е.В., Кутник И.В. // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 87–98.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И БОРТОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСЕПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Кузнецова И.В., Бондаренко Д.С.
(ОАО «Биохиммаш» г. Москва)

Кутник И.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Качество и достоверность результатов биотехнологических экспериментов, проводимых на борту РС МКС, существенно зависят от обеспечения асептических условий их проведения. Под асептическими условиями понимается возможность проведения экспериментов без посторонней микрофлоры.

Требование надежной защиты среды, в которой культивируется производственный штамм микроорганизма-продуцента, от посторонней микрофлоры является одним из основных в технологии микробиологического синтеза [1, 2].

Для проведения на РС МКС биотехнологических экспериментов в асептических условиях была разработана научная аппаратура (НА) «Главбокс-С» и НА «Асептик». На российском сегменте МКС, начиная с 2010 года, выполняется космический эксперимент «Асептик».

Проведение космического эксперимента «Асептик» позволяет проверить эффективность схемы контроля стерильности научной аппаратуры «Главбокс-С» в условиях орбитального полета. Это, в свою очередь, позволит значительно расширить круг задач по биотехнологическим космическим экспериментам.

Космический эксперимент «Асептик» включает в себя отбор биопроб с внутренней поверхности НА «Главбокс-С», в том числе с поверхности перчаток, а также с внутреннего воздушного пространства НА «Главбокс-С» в местах соответствующих циклограмме эксперимента с целью проверки микробного обсеменения проверяемой аппаратуры и эффективности ее стерилизации. Данный эксперимент проводится параллельно с другими биотехнологическими экспериментами, такими как: «Фотобиореактор», «МСК-2», «Каскад», «Пробиовит», а также для контроля стерильности НА «Главбокс-С». Отобранные биопробы инкубируют в термостате при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 120-х часов и проводят визуальный контроль за возможным ростом микрофлоры.

Результаты эксперимента «Асептик», отобранные пробы с внутренней поверхности НА «Главбокс-С» и его внутреннего воздушного пространства, возвращаются на Землю в лабораторию «Космической биотехнологии» ОАО «Биохиммаш», где проводят лабораторные исследования космического биоматериала.

Исследование биопроб, отобранных с внутреннего воздушного пространства НА «Главбокс-С», включает в себя извлечение чашек Петри с отобранными пробами воздушного пространства НА «Главбокс-С» с соблюдением правил асептики из пробоотборников «Воздух» и инкубирование извлеченных чашек Петри в термостате в течение 7 дней при температуре $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$ для дополнительной проверки стерильности питательной среды. По завершении культивирования, проводят анализ выросших колоний микроорганизмов на поверхности питательной среды.

С целью проверки стерильности пробоотборников «Поверхность» и анализа биопроб, отобранных с внутренней поверхности НА «Главбокс-С», в каждую извлеченную из пробоотборника «Поверхность» пробирку добавляют 5 мл

физиологического раствора. Пробирки встряхивают и полученную суспензию из всех пробирок засевают в количестве 1 мл на мясо-пептонный агар (МПА) в чашках Петри. Все высевы на МПА в чашках Петри инкубируют при температуре (27 ± 1) °С в течение 7 дней. По завершении культивирования проводят анализ выросших колоний на поверхности питательной среды.

Проведено 25 сеансов космического эксперимента «Асептик», из которых только в 15 % была выявлена не стерильность в пробоотборниках «Поверхность». Был сделан вывод о том, что загрязняющая микрофлора попадает в бокс при перемещении оборудования для биотехнологических экспериментов, проводимых на борту РС МКС.

Чистота проведения любого эксперимента с биологическим материалом и достоверность полученных результатов могут быть достигнуты при обязательном и непрерывном условии обеспечения асептических условий проведения эксперимента. НА «Главбокс-С» обеспечивает стерильность и чистоту проводимых исследований и предотвращает загрязнение станции, обеспечивая безопасность членов экипажа.

Литература

- [1] МР 4.2.0220-20. Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсемененности объектов внешней среды 2023 год.
[2] Федотов А.Е. Основы GMP. – М.:АСИНКОМ, 2012. – С. 255–261.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТОК В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Крашенинникова Т.К., Бугреева Н.С., Тополова Л.Н., Балтина И.Ю.
(ОАО «Биохиммаш», г. Москва)

Кутник И.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Целью ЦР «Каскад» является исследование процессов культивирования клеток микроорганизмов, животных и человека в условиях микрогравитации для получения концентрированной биомассы с высоким содержанием клеток, обеспечивающих повышенный выход целевых БАВ.

В период с 2009 по 2017 гг. был проведен Этап 1 КЭ «Каскад» с использованием НА «Биоэмульсия» для культивирования бактериальной культуры *Arthrobacter sp. OC-1* – штамма-продуцента ферментативного комплекса, обеспечивающего расщепление углеводов нефти и нефтепродуктов [1].

Биореактор закрытого типа научной аппаратуры «Биоэмульсия» представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид научной аппаратуры «Биоэмульсия»

Однако, для дальнейших исследований культивирования бактериальных клеток в условиях космоса возможности биореактора НА «Биоэмульсия» были исчерпаны в связи с лимитированием по кислороду и ингибированием продуктами жизнедеятельности микроорганизмов в период их роста.

В настоящее время, начиная с 2019 года, проводятся исследования по ЦР «Каскад» Этап 2 с использованием НА «Каскад», представляющей собой программируемую систему, пригодную для решения задач микро-биологического синтеза с заданными условиями культивирования штаммов-продуцентов.

Внешний вид НА «Каскад» и ее составные части представлены на рис. 2.

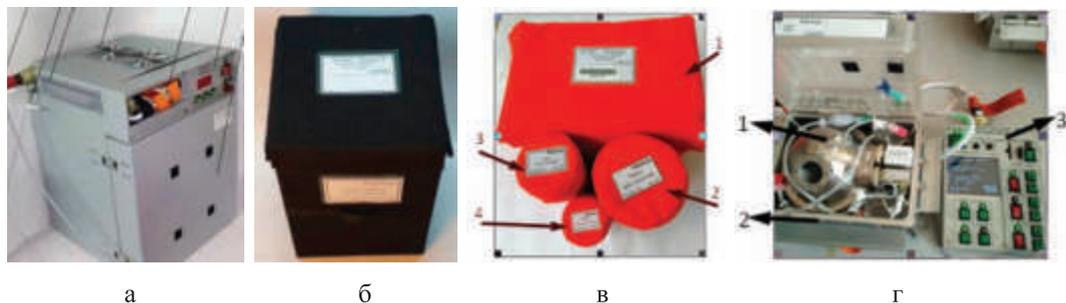


Рис. 2. Внешний вид и компоновка НА «Каскад»

a – термостат «Каскад»; *б* – укладка «Кабели»; *в* – укладки: 1 – «БОП»; 2 – «ПС»2; 3 – «ПС»1; 4 – «ПМ»;
г – БОП с биореактором и БКУ: 1 – биореактор; 2 – БОП; 3 – БКУ

В период космических исследований КЭ «Каскад» космонавтами были освоены и осуществлены в условиях космического полета стерильное внесение в биореактор закрытого типа НА «Каскад» стерильной питательной среды, стерильного посевного материала бактериальной культуры *Arthrobacter sp. OC-1*; установка параметров режимов культивирования и контроль над соблюдением заданных параметров. Освоена стадия культивирования «отлив-долив» для снижения концентрации продуктов метаболизма.

В перспективе предстоит усовершенствовать имеющуюся НА «Каскад», чтобы в условиях МКС, в процессе роста культуры осуществлять постоянную подачу воздуха на аэрацию с отводом отработанного воздуха, что позволит улучшить массообменные характеристики биореактора, а значит, повысить выход целевых продуктов микробиологического синтеза.

ЦР «Каскад» подтвердил возможность успешного выращивания бактериальной культуры *Arthrobacter sp. ОС-1* в биореакторе НА «Каскад» в условиях РС МКС и получения культуральной жидкости с достаточно высокой концентрацией клеток и микро- и макроморфологией, близкой по свойствам к наземной культуре.

Результаты, полученные в ходе космических исследований по ЦР «Каскад» могут быть использованы при культивировании продуцентов других видов бактерий в интересах создания биологической системы обеспечения жизнедеятельности космонавтов в течение долговременных космических экспедиций.

Литература

[1] Войшко В.В., Крашенинникова Т.К., Смоляная Г.Л. Биодegradация нефтяных загрязнений // Биотехнология биологически активных веществ / Под редакцией И.М. Грачевой и Л.А. Ивановой. – М.: Изд-во НПО «Элевар», 2006. – С. 327–367.

ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА БИОПЛЕНКИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

**Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Капустина В.В.
(СПбГУ, г. Санкт-Петербург)**

В настоящее время, благодаря современным методам транскриптомики, метаболомики, протеомики и метагеномики доказано положительное влияние пробиотиков на организм человека [1]. Пробиотики – живые пробиотические бактерии защищают организм хозяина от патогенов, стабилизируя физиологическое состояние слизистых оболочек различных органов [2]. Проведенное нами ранее исследование биопленок пробиотических бактерий в космических условиях позволило выявить ускоренную динамику их развития и закономерности формирования на различных носителях [3]. Недостаточность информации о воздействии на биопленки антимикробных препаратов в условиях невесомости потребовала разработки новых направлений исследований.

Цель. Анализ влияния на биопленки пробиотических бактерий антимикробных препаратов (АМП) и антибактериальных веществ растительного

происхождения в условиях космического полета. Проведение космических экспериментов (КЭ) и наземных экспериментов (НЭ) включало решение нескольких задач:

- определение динамики биопленкообразования пробиотических бактерий в условиях невесомости при воздействии АМП;
- выявление закономерностей при воздействии факторов космического полета и АМП на морфофизиологические свойства бактериальных клеток.

Материалы и методы. Объекты исследования: лактобактерии *Lactobacillus plantarum* 8РА-3 и энтерококки *Enterococcus faecium* SF68, используемые для промышленного производства препаратов пробиотиков, супернатант метаболитов *Micrococcus luteus* С6 (ингибитор роста биопленок энтерококков) и антимикробный препарат ципрофлоксацин. Эксперименты проводили в научной аппаратуре «Биопленка» на российском сегменте МКС. Биопленки анализировали в наземных условиях микробиологическими, спектроскопическими и электронно-микроскопическими методами.

Результаты. На МКС-65 и МКС-66-1 (2021 г.) впервые исследовали воздействие комплекса ципрофлоксацина с супернатантом *M. luteus* С6 на *E. faecium* SF68. В КЭ на МКС-65 на основании изменения морфофизиологических свойств энтерококков в процессе роста культуры констатировали активное подавление развития биопленок *E. faecium* SF68 под воздействием комплекса ципрофлоксацина с супернатантом *M. luteus* С6. Аналогичный по дизайну, повторный эксперимент проводили в период космической экспедиции на МКС-66-1. Электронно-микроскопический анализ препаратов КЭ и НЭ на МКС-65 и МКС-66-1 позволил выявить в микробных сообществах *E. faecium* SF68 характерные черты сходства и различия. В начале КЭ однослойные микроколонии включали множество лизированных клеток с признаками нарушения клеточного деления. В НЭ выявляли многослойные микроколонии и однослойные и многослойные биопленки, состоящие из физиологически активных клеток. На завершающих этапах роста культур в КЭ и в НЭ классических форм биопленок энтерококков не обнаруживали. На МКС-66-2 и МКС-67 (2022 г.) впервые проводили анализ воздействия антибактериального вещества растительного происхождения – гидролата шалфея на формирование биопленок *E. faecium* SF68 и *L. plantarum* 8РА-3. По изменению морфофизиологических свойств клеток *E. faecium* SF68 при воздействии гидролата шалфея в период МКС-66-2 выявлено подавление роста биопленок, как в КЭ, так и в НЭ. На МКС-67 проводили анализ образования биопленок *L. plantarum* 8РА-3 при воздействии гидролата шалфея. На МКС-67 негативного влияния и ингибирования биопленок лактобактерий гидролатом шалфея, в отличие от энтерококков в период МКС-66-2, ни в КЭ, ни в НЭ не отмечали.

Заключение. Результаты проведенных КЭ важны для научного обоснования эффекта воздействия микрогравитации на биопленки, развивающиеся в присутствии АМП. Полученные данные могут быть использованы для нормализации жизнедеятельности микробиоты человека в условиях космоса и при создании новых АМП и дезинфектантов для обработки поверхностей в пилотируемых космических комплексах, что позволит оптимизировать профилактику распространения биопленок, представляющих риск для здоровья экипажа и функционирования оборудования на МКС.

Литература

- [1] Simon C., Daniel R. Metagenomic analyses; past and future trends // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2011. – No 77. – P. 1153–1161.
- [2] Isolauri E., Kirjavainen P.V., Salminen S. Probiotics: role in the treatment of intestinal infection and inflammation // *Gut.* – 2002. – No 50. – Suppl. 3. – P. 154–159.
- [3] Особенности образования микробных сообществ пробиотическими бактериями *Lactobacillus plantarum* 8РА-3 на различных носителях в условиях космического полета / Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Капустина В.В., Попова Е.В., Кутник И.В. // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* – 2022. – Т. 56. – № 5. – С. 85–95.

ИЗУЧЕНИЕ МУТАЦИОННЫХ СДВИГОВ У ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ БАКТЕРИОФАГОВ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

**Крашенинникова Т.К., Лаврикова В.В., Старицын Н.А.,
Киселева И.А., Морозова Е.В., Рубальский Е.О.
(ОАО «Биохиммаш», г. Москва)
Сыкилинда Н.Н.
(ФГБУ ИБХ РАН, г. Москва)**

Бактериофаги получили широкое распространение как лечебные препараты при различных бактериальных инфекциях [1, 2]. Преимуществами таких препаратов в отличие от антибиотиков и других химических антимикробных средств являются их высокая специфичность и безвредность. В условиях длительных космических полетов, когда существует высокая вероятность появления опасных для членов экипажа мультирезистентных бактериальных штаммов, бактериофаги представляют значительный интерес в качестве лечебно-профилактических и стерилизующих препаратов.

Однако, являясь биологическим объектом, бактериофаги в условиях космического полета сами подвергаются внешним вредным воздействиям, что влияет на их жизнеспособность и литическую активность.

На российском сегменте МКС, начиная с экспедиции МКС-67, выполняется второй этап космического эксперимента «Фаген» в научной аппаратуре «Фаген». Целью эксперимента является определение влияния совокупного солнечного и галактического ионизирующего излучения на генетический аппарат бактериофагов в условиях космического полета.

Изучение возможных изменений генетического аппарата бактериофагов в условиях космического полета в результате активного воспроизводства бактериофагов в клетках бактерий повышает вероятность выявить такие изменения. Разработанная НА «Фаген», включающая укладку № 1 для сухих препаратов бактериофагов и укладку № 2 для жидкой формы фагов, позволила осуществить процесс воспроизведения бактериофагов в клетках бактерий, в результате которого происходит репликация фаговой ДНК и вероятность возникновения генетических изменений существенно возрастает.

Для достижения поставленной цели необходимо было сравнить геномы полученных (воспроизведенных) бактериофагов на орбитальной космической станции с геномами этих же бактериофагов, полученных на Земле. Биологический материал, используемый в работе, представлял собой штаммы колифагов ECD7 и V18, и лабораторный штамм непатогенной бактерии *Escherichia coli K-12 C600F*.

В ходе эксперимента член экипажа поочередно проводит перетеснение содержимого емкостей ячеек упаковок «Фаген» № 1 и № 2 для объединения препаратов бактерии и бактериофага в одной емкости и размещает упаковки с ячейками в термостате с температурой плюс $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. По окончании процесса фаголизиса упаковки с ячейками размещают в термостате с температурой плюс $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ до спуска на Землю.

Полученные в ходе космического эксперимента «Фаген» в период МКС-67 и МКС-68 результаты определения концентраций бактерии *E. coli K-12 C600F* и колифагов V18 и ECD7 свидетельствовали о том, что в ячейках упаковок «Фаген» № 1 и № 2 был осуществлен процесс фаголизиса в результате размножения бактериофагов. С целью выявления возможных изменений в геноме бактериофагов V18 и ECD7 было проведено полногеномное секвенирование выделенных образцов ДНК бактериофагов с последующим аннотированием их генома.

Проведенный в результате выполнения космического эксперимента в период МКС-67 биоинформационный анализ после секвенирования ДНК бактериофагов V18 и ECD7 показал наличие полиморфизмов в образцах из летных упаковок «Фаген» № 1 и № 2, в которых происходило воспроизводство бактериофагов в условиях космического полета, по сравнению с исходными нуклеотидными последовательностями. При этом показано, что бактериофаг ECD7 имеет значительно меньший мутационный потенциал по сравнению

с бактериофагом V18. Тем не менее, все обнаруженные мутации как в геноме бактериофага V18, так и бактериофага ECD7 являются короткими полиморфизмами. Геномные перестройки и крупные инсерции генома штамма-хозяина в бактериофагах V18 и ECD7 в условиях космического эксперимента в период МКС-67 обнаружены не были.

Таким образом, в проведенном космическом эксперименте в период МКС-67 не было выявлено мутаций, ограничивающих применение бактериофагов в условиях космического полета.

Литература

[1] Бактериофаги: исторические и современные аспекты их применения: опыт и перспективы / В.Г. Акимкин, О.С. Дарбеева, В.Ф. Колков // Клиническая практика. – 2010. – № 4. – С. 48–54.

[2] Бактериофаги как пробиотики и средства деконтаминации пищевых продуктов / А.В. Алешкин, Н.В. Воложанцев, Э.А. Светоч, В.А. Алешкин, С.С. Афанасьев, А.И. Борзилов, Д.А. Васильев, С.Н. Золотухин, А.В. Караулов, Х.М. Галимзянов, Ю.Ф. Космачев, И.А. Киселева, М.С. Афанасьев, Е.О. Рубальский, М.О. Рубальский // Астраханский медицинский журнал. – 2012. – № 3. – С. 31–39.

АНАЛИЗ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ В РАМКАХ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ» (КЭ «ФОТОБИОРЕАКТОР»)

**Попова Е.В., Кутник И.В., Фролова А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В настоящее время одной из самых сложных систем пилотируемых комплексов является биологическая система обеспечения жизнедеятельности, которая основана на биологическом круговороте веществ за счет совокупной метаболической деятельности животных, растений, микроорганизмов и самого человека.

В докладе рассматриваются теоретические основы подготовки космонавтов по космической биотехнологии и отработка практических навыков работы на примере НА «Фотобиореактор». Подготовка предусматривает особый подход к обучению, так как основная работа проводится с живыми объектами, а приобретенные знания в дальнейшем используются космонавтами для получения экспериментальных данных на борту РС МКС [1].

Космический эксперимент (КЭ) «Фотобиореактор» относится к разделу «Космическая биология и физиология» Долгосрочной программы целевых работ. В рамках данной программы разработана научная аппаратура (НА) для

проведения данного КЭ предназначена для исследования воздействия факторов космического полета на параметры биотехнологического процесса культивирования микроводоросли и получения биомассы - как источника растительного белка.

Отмечается, что при подготовке космонавтов с использованием НА «Фотобиореактор» существенная роль отводится обучению процесса фотосинтеза зеленых растений, в частности микроскопическим водорослям, которые могут быть использованы в качестве биологически активной добавки (БАД). Высокая ценность биомассы микроводорослей, определяется, прежде всего, качеством белков в продукте, аминокислотным составом и степенью усвоения их организмом человека [2]. Возрастающая нехватка таких веществ в рационе приводит к различным нарушениям здоровья человека.

Космонавт при проведении биотехнологических космических экспериментов в частности при работе с НА «Фотобиореактор» должен понимать процесс разработки технологии получения БАД на борту космического корабля из биомассы микроводорослей, в частности спирулины, обогащенной аминокислотами, витаминами и минералами, необходима для дальнейшего использования при освоении космического пространства, когда экипажи космонавтов находятся в условиях невесомости в течении длительного времени [3, 4]. БАД может быть использован в качестве неотъемлемой части ежедневного рациона космонавтов.

Качество проведения биотехнологических экспериментов напрямую зависит от качества навыков и знаний операторской деятельности космонавта и используемых подходов непрерывного обучения, показанных в докладе на примере подготовки к работе с НА «Фотобиореактор» [5].

Литература

[1] Особенности деятельности космонавтов при выполнении программ научно-прикладных исследований на борту орбитальных пилотируемых комплексов / Курицын А.А., Попова Е.В., Кутник И.В., Чуб Н.А. // XLV академические научные чтения, посвященные памяти С.П. Королева, 2021. – ISBN 978-5-7038-5668-0 (т. 3). – С. 65–66.

[2] Ефимов А. Обоснование технологии получения фикоцианина из сине-зеленых водорослей как пищевой добавки // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 11. – С. 80–82.

[3] Биологическая активность спирулины / Батура А.П., Блинкова Л.П., Горобец О.Б. // Микробиология, эпидемиология, иммунобиология. – 2001. – № 2. – С. 114–118.

[4] Геворгиз Р.Г., Шахматов А.П. Установка для культивирования морских микроводорослей // Экология моря. – 2005. – № 67. – С. 44–47.

[5] Анализ процесса выполнения космонавтами программ научно-прикладных исследований и экспериментов на борту существовавших и современных орбитальных космических станций и формирование предложений по его совершенствованию / Курицын А.А., Попова Е.В., Кутник И.В. // Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – Калуга, 2022. – С. 220–223. – ISBN 978-5-907460-84-3 (Ч. 2).

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
БАКТЕРИОФАГА T7 С КЛЕТКАМИ *E. COLI* НА МКС,
ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ЦР «МИКРОВИР»**

Сыкилинда Н.Н., Лукьянова А.А., Мирошников К.А.

(ФГБУ ИБХ РАН, г. Москва)

Кутник И.В.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Лаврикова В.В., Старицын Н.А.

(ОАО «Биохиммаш», г. Москва)

В литературе имеется большое количество разнообразных и противоречивых данных об изменениях роста и вторичного метаболизма микроорганизмов в ответ на космический полет: уменьшение лаг фазы размножения, увеличение конечной плотности популяции, ускоренное образование биопленки, утолщение клеточных стенок бактерий, увеличении вирулентности и устойчивости микроорганизмов к антибиотикам. Зарегистрированные случаи повышенной резистентности были опровергнуты другими выводами об отсутствии изменений или о повышенной чувствительности к противомикробным препаратам [1, 2]. Особую озабоченность вызывают сообщения об увеличении вирулентности и устойчивости микроорганизмов к антибиотикам. В сочетании с ослабленным иммунным ответом у астронавтов существует повышенный риск бактериальных инфекций. Исследования, проведенные в рамках реализации космического эксперимента (КЭ) «Бактериофаг» на МКС с различными штаммами бактериофагов, показали возможность использования их в качестве перспективных лекарственных средств для антибактериальной терапии космонавтов. Лечебные фаги и готовые лекарственные формы, приготовленные на их основе, могут транспортироваться и сохраняться на МКС в условиях космического полета не менее полутора лет без утраты своих биологических свойств, строения и потери специфической активности. Однако, нет данных по влиянию ФКП на взаимодействие бактериофагов с клеткой.

Начиная с 2016 г, на МКС проводились КЭ ЦР «Микровир», целью которой являлось исследование влияния факторов космического полета на скорость литического (разрушающего) действия бактериофагов на бактерии. В качестве биологических объектов для изучения взаимодействия вирусов с клеткой-хозяином использовали лабораторный штамм непатогенных бактерий *E. coli* K-12 и бактериофаг T7 *E. coli*. Эксперименты проводили в научной аппаратуре (НА) «Микровир». Использовали суспензионную ночную культуру клеток *E. coli* в поздней логарифмической фазе роста и лизат бактериофага T7. Для активации роста клеток в момент инфицирования одновременно с бактерио-

фагом в смесь добавляли глюкозу. Эксперимент проводили при температуре $(23 \pm 10) ^\circ\text{C}$ в условиях дефицита кислорода в 2 этапа. Первый эксперимент проводили не позднее 24 часов после доставки НА на МКС, второй – через 24 часа после первого. В ходе выполнения летных и наземных экспериментов проводилась фотосъемка состояния содержимого ячеек кассет в процессе взаимодействия клеток с вирусом. Проведен сравнительный анализ фотодокументации, полученной в ходе КЭ и параллельных наземных экспериментов, а также анализ состояния клеток и бактериофага после их завершения биологическими методами.

Бактериофаг Т7 активно разрушал клетки *E. coli*, которые находились в условиях невесомости не более 36 часов. В экспериментах, в которых при инфицировании приходилось от 1 до 10 вирусных частиц на клетку, не обнаружено достоверной разницы в скорости лизиса клеток *E. coli* бактериофагом Т7 в космических и наземных условиях. Лизис клеток наблюдался через (290 ± 35) минут в КЭ ($n=17$) и через (342 ± 45) минут в наземном эксперименте (НЭ) ($n=11$). При снижении множественности инфицирования до 0,2–0,5 фаговых частиц разрушение клеток бактериофагом на МКС происходило быстрее. Максимальный лизис клеток наблюдали через (293 ± 27) минут ($n=7$) в КЭ и через (426 ± 40) минут ($n=10$) в НЭ.

С увеличением времени пребывания в невесомости клетки *E. coli* приобретали устойчивость к бактериофагу Т7, и эффективность лизиса снижалась. Контрольные клетки сохраняли устойчивость к воздействию вируса после возвращения на Землю первые 2–3 суток. В последующие 3–4 суток, чувствительность клеток к бактериофагу начинала восстанавливаться.

В контрольных ячейках КЭ ОП600 была в $1,2 \pm 0,1$, а концентрации клеток в $1,5 \pm 0,1$ больше по сравнению с параллельным НЭ ($n=6$). Ферментация глюкозы с образованием молочной кислоты была активнее в КЭ. Конечные значения рН в ячейках с контрольными клетками были 4,7 и 4,9 в КЭ и НЭ, соответственно. Совокупность этих данных подтверждают данные других исследователей о большей скорости размножения клеток в условиях микрогравитации.

Литература

[1] Giuliana Senatore. Effect of microgravity & space radiation on microbes. /Giuliana Senatore, Felice Mastroleo, Natalie Leys, Gianluigi Mauriello / Future Microbiol., 2018, May 10.

[2] Bing Huang. Effects of spaceflight and simulated microgravity on microbial growth and secondary metabolism. /Bing Huang, Dian-Geng Li, Ying Huang, Chang-Ting Liu / Mil Med Res. 2018 May 14;5(1):18.

[3] Сыкилинда Н.Н. Изучение влияния факторов космического полета на взаимодействие бактериофага с бактерией / Сыкилинда Н.Н., Мирошников К.А., Гуреева Е.А., Лаврикова В.В., Старицын Н.А. // Тезисы «Международной научно-практической конференции». Звездный городок, ноябрь 2019. – С. 142–144.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С *DROSOPHILA MELANOGASTER***

**Ларина О.Н.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

**Брагина Ю.В.
(ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова, г. Санкт-Петербург)**

**Беккер А.М.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

**Бурлакова А.А.
(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)**

Насекомые могут использоваться в качестве модельных объектов биомедицинских исследований благодаря тому, что, также как и все живые организмы на Земле, имеют сходные участки генома, унаследованные в ходе эволюции от одноклеточного «последнего универсального общего предка» (LUCA), существовавшего 3 миллиарда лет назад. Приблизительно 60 % генома плодовой мушки дрозофилы представлены последовательностями ДНК, сходными с генами человека.

В космических экспериментах с *Drosophila melanogaster* проводились исследования эффектов, оказываемых факторами космического полета на генетический аппарат, иммунную и сердечнососудистую системы, циркадианные ритмы, старение, двигательное поведение, уровень энергетических веществ, экспрессию генов.

Для проведения экспериментов с дрозофилами в космическом полете используются аналогичные применяемым в лаборатории пассивные системы культивирования, представляющие собой камеру с отделением для питательной среды и пористой перегородкой, ограничивающей перемещения насекомых пределами камеры при сохранении воздухообмена с внешней атмосферой. В отличие от наземных условий, культивирование биообъектов в такой аппаратуре в космическом полете происходит при отсутствии гравитационно-зависимых видов конвекции, что значительно снижает эффективность массопереноса газообразных веществ через пористый барьер. Таким образом, замедляется поступление кислорода из атмосферы станции, удаление газообразных продуктов метаболизма как самих мушек, так и симбиотических микроорганизмов, наличие которых необходимо для жизнедеятельности дрозофил. Наземные эксперименты с тестированием двигательного поведения *D. melanogaster* показали, что ограничение газообмена с внешней средой в течение 7 суток не оказывает заметного влияния на функционирование нервных структур, управляющих моторным поведением дрозофил, однако 13-суточное воздействие приводит к подавлению двигательной активности биообъектов.

Комплекс «Мутагенез-1» предназначен для проведения космических экспериментов с мелкими биообъектами и представляет собой активную аппаратуру, обеспечивающую культивирование биообъектов во время космического полета в заданных температурных условиях с регистрацией параметров культивирования и видеорегистрацией биообъектов в процессе культивирования. При экспонировании биообъектов на борту МКС входящий в состав комплекса имитатор среды обитания «Биотерм-1» обеспечивает постоянную принудительную циркуляцию воздуха в камере с размещенными в ней контейнерами с биообъектами и периодическую дозированную подачу воздуха из атмосферы станции, что улучшает условия газообмена для исследуемых организмов. Конструкция контейнера для биообъектов обеспечивает проведение ручной стыковки контейнера с биообъектами и сменного контейнера со свежим кормом, переход биообъектов в сменный контейнер и последующую расстыковку.

Использование комплекса «Мутагенез-1» позволит улучшить экологические условия для исследуемых организмов в длительных космических экспериментах на МКС.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

Синчурина Е.В., Старицын Н.А., Крашенинникова Т.К.
(ОАО «Биохиммаш», г. Москва)

Кутник И.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Гуреева Е.А.
(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)

Целью проведения космического эксперимента (КЭ) является создание фотобиореактора для проведения биотехнологических экспериментов по оценке получения продуктов питания и кислорода путем культивирования микроводорослей в условиях микрогравитации.

Задачей КЭ на текущем этапе работ является оценка правильности выбора технических, технологических и конструкционных решений осуществления культивирования микроводорослей в условиях микрогравитации для последующего конструирования прототипа биотехнологического модуля системы жизнеобеспечения космонавтов.

Первые эксперименты с микроводорослями, экспонировавшимися в условиях космического пространства были проведены еще в 1958 г. на втором космическом корабле-спутнике с культурой *Chlorella*, экспонировавшейся на плотной питательной среде [1].

Заглядывая в будущее по развитию космической отрасли при освоении дальнего космоса в условиях межпланетного перелета мы должны найти разумное решение многих вопросов, в частности, регенерации воздуха и обеспечение астронавтов пищей, поэтому изучение и прогнозирование свойств биообъекта на уровне клетки при нагрузке факторов космического пространства на околоземных орбитах чрезвычайно важен и интересен.

В лаборатории космической биотехнологии ОАО «Биохиммаш» в рамках реализации эксперимента «Фотобиореактор» отрабатывается технологический процесс накопления биомассы микроводоросли *Arthrospira platensis* IPPAS B-256 в жидкой питательной среде с использованием разработанной НПП «Био-ТехСис» научной аппаратурой (НА) «Фотобиореактор» в условиях воздействия факторов космического пространства. Особое внимание уделялось методам и методологии проведения практического эксперимента, включающей в себя планирование (скорость протока питательной среды, выбранные параметры освещения, время культивирования и др.) и обработке полученных результатов.

Первый сеанс КЭ был осуществлен в 2018 году, в период работы экипажа по программе МКС-57. Всего было проведено шесть сеансов КЭ «Фотобиореактор» в период МКС-57, 60, 64, 66/1, 66/2, 68. Продолжительность экспериментов на РС МКС составила от 39 до 250 дней, при этом, активная часть процесса культивирования составила от 6 до 25 дней.

Исследования показали, что в биореакторе накапливается газ, что связано с ростом и фотосинтезирующей активностью микроводоросли. При изменении скорости протока питательной среды, подаваемой в биореакторы «Биомодуль» и увеличении плотности посевного материала культуры микроводоросли при засеве, улучшается ее рост в процессе культивирования, однако образующийся газ способствует вытеснению жидкой среды из биореакторов, что способствует высыханию культуры. Отвод газообразных продуктов не предусмотрен оборудованием, однако в настоящее время проводятся работы по разработке макета нового оборудования, где будет решен этот вопрос.

Проведена полноценная фотофиксация всего процесса культивирования микроводоросли в биореакторах «Биомодуль» Культиватора «ФБ».

Проведенные работы подтвердили возможность выращивания *Arthrospira platensis* на борту МКС в условиях микрогравитации. Предварительные результаты целевой работы «Фотобиореактор» можно считать положительными. Разработанная НА может быть использована в биотехнологических процессах системы СОЖ.

Литература

[1] Цоглин Л.Н., Пронина Н.А. Биотехнология микроводорослей. – М.: Научный мир, 2012. – 184 с.: ил.

РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ СТРУКТУР ДЕРМЫ КОЖИ ЖИВОТНЫХ ПОСЛЕ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА И НАЗЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НЕВЕСОМОСТИ

Шишкина В.В., Буравлева А.М.

(ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, НИИ ЭБМ, г. Воронеж)

Атякшин Д.А.

(ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, НИИ ЭБМ, г. Воронеж;
РУДН, г. Москва)

Соединительная ткань выполняет важную биологическую миссию в обеспечении деятельности органов. Создаваемые условия микроокружения для реализации функциональной активности клеток и их производных во всех тканях организма адекватны уровням внешних и внутренних вызовов [1, 2]. Условия гравитационного стимула на Земле являются фактором, к которому адаптированы как клеточные элементы соединительной ткани, так и компоненты внеклеточного матрикса [1]. Механизмы развития адаптивных перестроек волокнистого компонента внеклеточного матрикса соединительной ткани в условиях микрогравитации до сих пор остается практически неисследованными, несмотря на важнейшие функции стромы для обеспечения физиологической деятельности внутренних органов. В эксперименте Rodent Research-4, выполненном в 2017 году на мышцах *Mus musculus* линии C57BL/6J сформированы 4 группы: группы космического полета (n=10), находившиеся на МКС от 21 до 24 суток и трех групп контроля: наземного (n=10), базального (n=10), виварийного (n=10). Проведен морфологический анализ дермы кожи мышей с применением комбинаций гистохимического окрашивания пикросириусом красным, толуидиновым синим и импрегнацией серебром для визуализации волокнистых коллагенов и тучных клеток. Пребывание мышей в условиях микрогравитации 21–24 суток сопровождалось определенными изменениями в организации специфического тканевого микроокружения кожи. Визуально отмечалась определенная «рыхлость» сетчатого слоя дермы из-за расширения межпучковых пространств. При этом сосочковый слой дермы содержал короткие и мало извитые волокна, образуя ячеистую структуру. В коллагеновом волокнистом компоненте соединительной ткани дермы кожи относительное содержание коллагена III типа по отношению к I типу возрастало практически в 2 раза по сравнению с группами контрольных животных, достигая показателя 19,2%. В то же время выявление коллагена III типа в волокнах микроокружения тучных клеток снижалось. Аналогичная картина наблюдалась после использования комбинированного гистохимического окрашивания толуидиновым синим и импрегнацией серебром, показывая практически полное исчезновение

ретикулярных волокон вокруг тучных клеток. При этом, следует отметить, что даже дегрануляция тучных клеток не сопровождалась увеличением интенсивности формирования импрегнированных волокон. Получены данные, свидетельствующие о различной чувствительности волокнистых и клеточных компонентов специфического тканевого микроокружения кожи к условиям невесомости. В коже мышей полетной группы наблюдалось уменьшение интенсивности фибрилlogenеза на фоне относительного возрастания волокон с высоким содержанием коллагена III типа, изменение гистотопографической локализации тучных клеток с признаками разобщения кооперации с клетками фибробластического дифферона, урежением солокализации тучных клеток с ретикулярными волокнами, модификации внутриволюпуляционного взаимодействия. Приводятся свидетельства активного участия тучных клеток в ремоделировании внеклеточного матрикса в условиях микрогравитации, опосредованные прямыми эффектами секрета на стромальный ландшафт специфического тканевого микроокружения кожи и снижением активности фибрилlogenеза фибробласт-ассоциированных тучных клеток. Дальнейшее изучение физиологических закономерностей поддержания гомеостаза межклеточного матрикса соединительной ткани открывают не только новые пути ремоделирования в условиях невесомости, но и фундаментальные закономерности обновления волокнистого компонента внеклеточного матрикса. Авторы выражают искреннюю благодарность российским космонавтам Андрею Борисенко и Олегу Новицкому за помощь в реализации проекта «Rodent Research». Особую признательность специалистам Государственного научного центра – Института медико-биологических проблем РАН Галине Тверской, Владимиру Сычеву и Ирине Огневой за тесное сотрудничество и предоставление возможности исследования биоматериала мышей из эксперимента RR4.

Литература

- [1] Andreeva E., Matveeva D., Zhidkova O., Zhivodernikov I., Kotov O., Buravkova L. Real and Simulated Microgravity: Focus on Mammalian Extracellular Matrix // *Life (Basel)*. – 2022. – Vol. 12. – No 9. – P. 1343.
- [2] Shishkina V., Kostin A., Volodkin A., SamoiloVA V., Buchwalow I., Tiemann M., Atiakshin D. The Remodeling of Dermal Collagen Fibrous Structures in Mice under Zero Gravity: The Role of Mast Cells. *Int. J. Mol. Sci.* – 2023. – Vol. 24, No 3. – P. 1939.

ГРАВИЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТУЧНЫХ КЛЕТОК И ГЛАДКОМЫШЕЧНОГО АКТИНА В ЖЕЛУДКЕ ГРЫЗУНОВ ПОСЛЕ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Самойленко Т.В., Шишкина В.В., Горюшкина Е.С.

(ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, НИИ ЭБМ, г. Воронеж)

Атякшин Д.А.

(ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, НИИ ЭБМ, г. Воронеж;
РУДН, г. Москва)

Факторы космического полета, прежде всего микрогравитация, создают экстремальные условия стресса для космонавтов и животных во время орбитальных миссий. Создание оптимальных условий, которые полностью повторяют пребывание на Земле, является невозможным, это инициирует реализацию ряда адаптивных реакций во всех системах органов. Интерес вызывают исследования в космической гастроэнтерологии, которые базируются на анализе образцов, полученных после пребывания живых организмов на борту МКС, беспилотных космических аппаратах, спутниках, свидетельствующих об активно развивающихся адаптивных реакциях на различных уровнях организации [1]. Морфологическая идентификация признаков изменений создает предпосылки для расширения области знаний о перестройке структур стенки полых органов, обеспечивающих скоординированный и эффективный процесс пищеварения.

Одной из основных составляющих оболочки органов желудочно-кишечного тракта является гладкая мышечная ткань (ГМТ). Координирование деятельности гладких миоцитов осуществляется посредством вегетативной нервной системы и не контролируется сознательно [2], поэтому процессы ремоделирования стенки желудка представляют большой интерес для изучения.

Целью исследования стала оценка влияния уровня содержания секрета тучных клеток на гладкомышечный актин (α -SMA) в оболочках фундального отдела желудка самцов мышей C57BL/6N (из эксперимента на биоспутнике «Бион-М» № 1, 30-суточного космического полета и самцов монгольских песчанок *Meriones unguiculatus* (из эксперимента на КА «Фотон-М» № 3, 12-суточного орбитального полета).

Тучные клетки (ТК) – один из ключевых компонентов клеточного микроокружения, исследование их особой роли в перестройке структуры мышечной оболочки неслучайно: разнонаправленные эффекты компонентов секрета клеток регулируют деятельность различных клеточных агентов, в том числе – гладких миоцитов. Известно, что триптаза ТК и гистамин, содержащиеся в гранулах, способны, с одной стороны, инициировать накопление

цитозольного кальция, с другой – способствовать его вторичному связыванию с миофиламентами для реализации сокращения и расслабления миоцитов [3].

Полноценная реализация адаптивных функций в условиях космического полета (гравичувствительность), в том числе, контролируется посредством межклеточных взаимодействий.

Объективно оценить степень гравичувствительности сократительных единиц органов пищеварительной системы возможно благодаря изучению содержания уровня экспрессии α -SMA, который является одним из основных структурных компонентов гладких миоцитов или миофибробластов.

В результате исследования обнаружены следующие преобразования структуры популяции ТК фундального отдела желудка животных: снижение численности как слизистой и подслизистой, так и мышечной субпопуляций ТК, снижение уровня дегрануляции как метахроматических, так и триптаза-позитивных ТК.

При анализе уровня экспрессии α -SMA гладкими миоцитами фундального отдела желудка было выявлено достоверное снижение в группе космического полета, как у монгольских песчанок, так и у мышей C57BL/6N. Предполагается, что уменьшение численности ТК сопровождается перестройку в сократительной структуре гладких миоцитов, что может выражаться в снижении их сократительной способности.

Полученные данные о качественных и количественных преобразованиях способствуют раскрытию новых механизмов ремоделирования сократительного аппарата ГМТ во время орбитальных полетов и могут быть востребованы для совершенствования профилактических мероприятий в космической биомедицине.

Литература

[1] Atiakshin D., Kostin A., Shishkina V., Burtseva A., Buravleva A., Volodkin A., Elieh-Ali-Komi D., Buchwalow I., Tiemann M.. Space-flight- and microgravity-dependent alteration of mast cell population and protease expression in digestive organs of Mongolian gerbils // *Int J Mol Sci.* – 2023. – V. 24, No 17. – P. 13604.

[2] Borsdorf M., Böl M., Siebert T. Influence of layer separation on the determination of stomach smooth muscle properties // *Pflugers Arch.* – 2021. – V. 473, No 6. – P. 911–920.

[3] Mischopoulou M., D’Ambrosio M., Bigagli E., Luceri C., Farrugia G., Cipriani G. Role of macrophages and mast cells as key players in the maintenance of gastrointestinal smooth muscle homeostasis and disease // *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* – 2022. – V. 13, No 6. – P.1849–1862.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА РС МКС

Павленко В.И., Черкашина Н.И.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород)

Попова Е.В., Курицын А.А., Умнова Л.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Шуршаков В.А.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Освоение космического пространства, Лунного и Марсианского проектов немислимы без осуществления надежной радиационной защиты космонавтов от всех компонентов космической радиации – галактического излучения (ГКЛ), солнечных космических лучей (СКЛ) и радиационных поясов Земли (РПЗ). Кроме того, стоит учесть, что экипажи межпланетных кораблей не будут защищены магнитосферой Земли. А при расчетном времени пути для миссии, например, на Марс в 100–150 дней, это становится критической проблемой [1].

К настоящему моменту в состав РПЗ входят в основном протоны, электроны, альфа-частицы ГКЛ и солнечные космические лучи, состоящие преимущественно из протонов с существенно меньшим вкладом тяжелых ядер по сравнению с ГКЛ.

Ионизирующее излучение является одним из негативных факторов космического пространства, которое может оказывать необратимые последствия на организм человека, в частности: изменение биологических показателей, генные изменения, поражение стволовых клеток, выживаемость и развитие рака [2, 3]. Данные риски можно снизить с помощью защиты космонавтов от ионизирующих излучений при помощи радиационно-защитных экранов.

Воздействие космической радиации на радиационно-защитные композиты возможно проверить при помощи физико-математического моделирования [4]. Но данные методы исследования не вполне достоверны при изучении воздействия влияния космической радиации на защитные материалы, так как в данных исследованиях изучают воздействия отдельными частицами и энергиями из широкого спектра имеющихся в космосе излучений, а не комплексом различных взаимосвязанных воздействий, что практически невозможно при наземном тестировании. Поэтому необходимо проводить подобные эксперименты непосредственно в условиях открытого космического пространства и на космических станциях.

Коллективом авторов БГТУ им. В.Г. Шухова совместно с сотрудниками ЦПК им. Ю.А. Гагарина был разработан новый вид радиационно-защитного композита на основе полимерной матрицы, наполненной нанодисперсными

оксидами и карбидами металлами [5]. С февраля 2022 года на российском сегменте МКС проходит целевая работа «Защитный композит» по оценке радиационно-защитных свойств разработанного композита.

Проводимый ежемесячный дозиметрический контроль защитных контейнеров, изготовленных из разработанного защитного композита, свидетельствует о его высоких и стабильных радиационно-защитных характеристиках и радиационной стойкости [6]. Окончательные выводы по работоспособности разработанного полимерного композита в космических условиях будут сделаны в ГК «Роскосмос» после завершения космического эксперимента на РС МКС (февраль 2024 г.).

Исследования по синтезу композита и изучению его свойств до и после воздействия космического излучения поддержаны грантом Российского научного фонда № 19-19-00316 (продление), https://www.rscf.ru/prjcard_int?19-19-00316, с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Испытания композита в космических условиях проводились в рамках целевой работы «Защитный композит» на российском сегменте МКС.

Литература

[1] S.J. Hoffman, D.I. Kaplan, 1997. Human Exploration of Mars: The Reference Mission of the NASA Mars Exploration Study Team. NASA Johnson Space Center Houston, TX United States, NASA-SP-6107, 19980037039.

[2] A.R. Kennedy, Biological effects of space radiation and development of effective countermeasures // Life Sciences in Space Research. – 2014. – Vol. 1 – pp. 10–43.

[3] M. Durante, F.A. Cucinotta, Heavy ion carcinogenesis and human space exploration // Nature Reviews Cancer. – 2008. – Vol. 8(6). – pp. 465–472.

[4] M. Naito, H. Kitamura, M. Koike, H. Kusano, T. Kusumoto, Y. Uchihori, T. Endo, Y. Hagiwara, N. Kiyono, H. Kodama, S. Matsuo, R. Mikoshiba, Y. Takami, M. Yamanaka, H. Akiyama, W. Nishimura, S. Kodaira. Applicability of composite materials for space radiation shielding of spacecraft // Life Sciences in Space Research. – 2021. – Vol. 31. – pp. 71–79.

[5] Полимерный нанокompозит для защиты от космического воздействия и способ его получения: пат. 2748157 Рос. Федерация / В.И. Павленко, А.Н. Шкаплеров, А.А. Курицын, Н.И. Черкашина, Е.В. Попова, Р.Н. Ястребинский; заявители и патентообладатели: Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова и Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина. – Заявка № 2020134472; заявл. 20.10.2020; опубл. 20.05.2021, Бюл. № 14. – 9 с.

[6] A.N. Shkaplerov, N.I. Cherkashina, V.I. Pavlenko, E.V. Popova, L.A. Umnova, O.A. Ivanova, D.A. Kartashov, V.A. Shurshakov. Changes in the Vickers hardness, wettability, structural and mechanical properties of the «shielding composite» under the exposure to cosmic radiation, Engineering Failure Analysis, Volume 152, 2023, 107470.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ В ЗАДАЧЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПОВОРОТОВ ГОЛОВЫ КОСМОНАВТА НА МКС ПРИ ПОМОЩИ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

Латонов В.В.

(НЦМУ «Сверхзвук», г. Москва)

Кручинина А.П., Петров А.А.

(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

В настоящей работе представлено решение задачи детектирования поворота головы космонавта в условиях, близких к невесомости, при помощи инерциальных датчиков. Алгоритм детектирования основан на использовании логистической регрессии [1]. В работе приведено сравнение разработанного алгоритма с эвристическим алгоритмом из работы [2].

Повороты головы представляют собой типовую активность, которая регулярно происходит в повседневной деятельности. Задача детектирования поворота возникает при попытке дополнения вестибулярной информации в специальных условиях, например, для решения проблемы вестибулярно-сенсорного конфликта (ВСК) в состоянии невесомости. В частности, ВСК может возникать у космонавтов на борту МКС при быстрых поворотах головы в силу особенностей биологического строения вестибулярного аппарата и может быть исправлен с помощью воздействия гальванического тока на соответствующий нерв, как показано в [3]. Для достижения эффекта необходимо максимально точно определять момент подачи тока, для чего и применяется алгоритм детектирования поворота.

Для оценки работы инерциальных датчиков был проведен в условиях полета на МКС космический эксперимент (КЭ) «Вектор-МБИ-1». Экспериментальный сценарий включал следующие этапы: космонавт фиксировал свое тело относительно МКС, закреплял датчик на лбу и выполнял серию из девяти быстрых поворотов головы. Эти действия производились в разных направлениях: вправо–влево, вверх–вниз и от плеча к плечу. Темп этих поворотов был выбран космонавтом на основе его субъективного восприятия скорости.

Для записи угловых скоростей и линейных ускорений использовался шестикомпонентный инерциальный датчик. В его состав входят трехосный датчик угловых скоростей (ДУС) и трехосный акселерометр. Основываясь на сигналах от этих датчиков, был разработан критерий для детектирования поворота, который включал в себя условия на линейное ускорение и угловую скорость.

Данную задачу возможно решить и с использованием одного отдельного датчика – как только акселерометра [4], так и только ДУС [5], однако совместное использование данных ДУС и акселерометра дает возможность улучшить

результаты, как было показано в [2]. В данной работе представлен вариант алгоритма на совместных данных, основанный на логистической регрессии, которая по исходным предположениям способна улучшить точность и скорость работы алгоритма. Важно отметить, что скорость является критичным показателем при решении задач такого рода [6]. Результаты анализа показали, что комбинированный подход с использованием логистической регрессии работает не менее быстро, чем эвристический алгоритм, но при этом дает более точные результаты. Кроме того, благодаря тонкой настройке алгоритма за счет варьирования гиперпараметров логистической регрессии возможно менять баланс между точностью и скоростью алгоритма, добиваясь оптимальных результатов в конкретной задаче.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020–2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (распоряжение Правительства РФ от 24 октября 2020 г. № 2744-р).

Литература

[1] Cramer J.S. The origins of logistic regression (Technical report). 2002 Tinbergen Institute, vol. 119, pp. 167–178.

[2] Определение начала поворота головы в режиме реального времени по инерциальным датчикам в условиях микрогравитации / Лагонов В.В., Кручинина А.П., Петров А.А. // VIII Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные задачи механики» (FAPM-2022): сб. тезисов. – М., 2022.

[3] Soto, E., Vega, R., Delgado-Garcia, J.M. Modulation of the Vestibulo-ocular Reflex by Galvanic Stimulation. 2006 Journal of Vestibular Research, 16(1–2), 39–45.

[4] Ye X., Chen G., Cao Y. Automatic Eating Detection Using Head-Mount and Wrist-Worn Accelerometers. 2015 IEEE 17th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom): Short and Demo Papers.

[5] Novak D., Gorski M., Podobnik J., Munih M. Toward Real-Time Automated Detection of Turns during Gait Using Wearable Inertial Measurement Units. Sensors 2014, 14(10), 18800–18822.

[6] Severin I.-C., Dobrea D.-M. 6DOF Inertial IMU Head Gesture Detection: Performance Analysis Using Fourier Transform and Jerk-Based Feature Extraction. 2020 IEEE Workshop on Microwave Theory and Techniques in Wireless Communications, pp. 118–123.

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИОНОСФЕРЫ С БОРТА ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Котонаева Н.Г., Данилкин Н.П., Романов И.В.
(ФГБУ «ИПГ», г. Москва)

На орбитальном комплексе (ОК) «МИР» в 1998–1999 гг. впервые в мировой практике с высот из окрестности главного максимума концентрации электронов проводилось радиозондирование ионосферы. Ионозонд располагался в блоке «Природа». Постановка антенной системы в свернутом виде и расположение ионозонда внутри станции было осуществлено на Земле. Это был достаточно сложный в реализации эксперимент, так как ОК «Мир» в электромагнитном смысле был сильно зашумлен, а многочисленные детали внешней поверхности, как самого модуля «Природа», так и других модулей комплекса, являясь фактически пассивными деталями антенны ионозонда, весьма произвольно меняли ее диаграмму направленности (рис. 1).

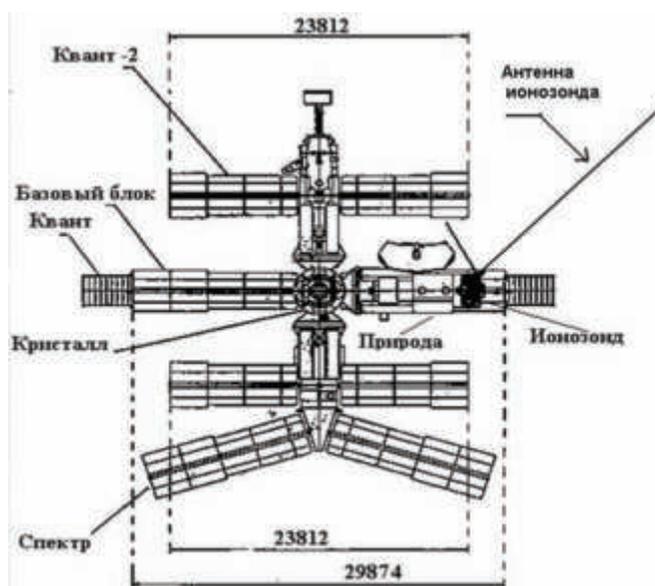


Рис. 1. Схематическое изображение орбитальной пилотируемой ОК «Мир» с указанием размеров отдельных блоков станции

Разворачивание и юстировка антенной системы и управление работой ионозонда осуществлялось космонавтами, участниками 25, 26 и 27 экспедиций на станцию «МИР»: С.В. Авдеев, Г.И. Падалка, Ю.М. Батулин, В.М. Афанасьев и Т.А. Мусабаев. Работы были начаты 12 августа 1998 года и закончились в июне 1999 г.

К сожалению, наземные станции слежения за ОК «Мир» не давали необходимой зоны покрытия. Поэтому использовали магнитную запись для сохранения полученных результатов, что позволило провести этот эксперимент в наибольшем возможном объеме, зафиксировав ионограммы не только над наземными станциями слежения за ОК «Мир». Основная часть ионограмм была сохранена именно в цифровом виде и возвращена на Землю благодаря космонавтам.

При этом были получены уникальные результаты [1]:

- было показана возможность проведения системного мониторинга ионосферы со сверхнизких высот;
- получены уникальные результаты по радиозондированию ионосферы при наличии сильных горизонтальных градиентов концентрации электронов;
- впервые была исследована «изнутри» область искусственного ионосферного возмущения, возникшего в результате выброса большого количества химических реагентов в области пролета ОК «Мир», получены оценки размеров возмущения и оценки градиента падения электронной концентрации.

Успешное проведение эксперимента также показало практическую целесообразность применения низкоорбитальных спутников в космическом сегменте системы мониторинга ионосферы, отличающуюся тем, что низкоорбитальные КА могут с одной стороны выполнять функцию пополнения базы данных главных параметров ионосферы, создаваемой различными сегментами структуры ионосферного мониторинга, а с другой стороны быть новым и высокоэффективным средством для обнаружения горизонтальных градиентов концентрации электронов.

Продолжение исследований по радиозондированию с низких орбит рационально продолжить на Российской орбитальной служебной станции (РОСС) и грузовом КА «Прогресс-М». Целью которых является экспериментальная отработка методов глобального контроля состояния ионосферы при расположении ионозонда вертикального зондирования на различных высотах орбит КА с отечественными образцами аппаратуры перспективного бортового ионозонда. Создание баз данных закономерностей и аномалий поведения ионосферной плазмы в различных регионах земного шара.

Целевая работа будет решать задачи исследования структуры ионосферы на высотах близких к высоте максимума концентрации электронов, оперативного мониторинга состояния ионосферы, корректировки современных моделей ионосферы, регистрации, моделирования и диагностики аномального поведения ионосферной плазмы. Эти исследования позволят выработать требования к системе глобального оперативного контроля состояния ионосферы Земли с использованием низкоорбитальных КА.

Литература

[1] Котонаева Н.Г. Спутниковое радиозондирование ионосферы из окрестности главного максимума концентрации электронов / Диссертация на соискание степени д. физ.-мат. наук. – 2013.

КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА РС МКС ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ НА ИОНОСФЕРУ ПОТОКОВ ПЛАЗМЫ

Ахметжанов Р.В., Богатый А.В., Дьяконов Г.А., Тютин В.К.
(НИИ ПМЭ МАИ, г. Москва)

Крашенинников И.В., Сурков В.В.
(ИЗМИРАН, г. Москва)

Лапшинова О.В.
(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)

Фролов А.В.
(АО «НПО ИТ», г. Королёв)

Ионосфера является одним из жизненно важных природных формирований в околоземной среде. Исследование характеристик ионосферы началось с изучения проблем распространения радиоволн в различных диапазонах. Ионосфера – электропроводящая, неустойчивая, постоянно меняющаяся среда в зависимости от широты, времени суток и времени года. Происходящие в ней процессы имеют сложный и нерегулярный характер, что требует постоянного контроля. Изучение происходящих в ионосфере явлений актуально до настоящего времени для обеспечения прогноза космической погоды (состояния электрических и волновых параметров ионосферы, обеспечивающих прохождение радиоволн), для развития коммуникационных сетей на малых спутниках, отработки новых технологий в космосе, обеспечения космического мониторинга экологических факторов среды и т. д. [1].

Одним из методов изучения происходящих в ионосфере процессов являются активные космические эксперименты (КЭ), в которых изучаемые явления возбуждаются воздействием на ионосферу потоков плазмы с борта КА. Такие исследования актуальны для понимания физики солнечно-земных связей, развития волновой резонансной реакции ионосферы, определения безопасных уровней и норм техногенного воздействия на ближний космос.

В научно-прикладной программе на РС МКС запланированы активные космические эксперименты (КЭ) «Импульс (1, 2 этапы)». КЭ «Импульс (1 этап)» проведен. Результаты, обработанные и привязанные к геофизическим ионосферным структурам с помощью специалистов ИКИ РАН, опубликованы в [2]. КЭ «Импульс (2 этап)» готовится к реализации на МЛМ РС МКС. Постановщиком

КЭ является ИЗМИРАН, участниками КЭ – НИИ ПМЭ МАИ, АО «НПО ИТ», ПАО «РКК «Энергия». Особенностью и преимуществом этих КЭ является совмещение геофизических задач с прикладными задачами. К ним относится отработка и летные испытания в составе КА образцов малогабаритных импульсных плазменных двигателей, интерес к которым стал возрождаться в связи с миниатюризацией космической техники и появлением разработок малых космических аппаратов (МКА). Наряду с этим, также изучаются вопросы формирования и возмущения электромагнитной среды вблизи поверхности МКС, вопросы электризации поверхности РС МКС, работоспособности и электромагнитной совместимости плазменных двигателей с бортовыми системами.

В КЭ на РС МКС используются импульсные плазменные инжекторы, созданные на основе абляционных импульсных плазменных двигателей, разработанных в НИИ ПМЭ МАИ [3]. Их принцип работы – инициирование разряда в высоковольтном электрическом поле, который обеспечивает абляцию с поверхности твердого рабочего тела (фторопласта) частиц плазмы, их ионизацию, ускорение и выброс в космическое пространство с частотой до 2 Гц. Концентрация ионов в потоке на выходе – до 10^{16} см⁻³, среднемассовая скорость частиц – до 15 км/с. Такие параметры обеспечат создание в ионосфере плазменных образований и возбуждаемых ими электромагнитных возмущений, способных достигать поверхности Земли.

Для диагностики электрофизических параметров в окрестности РС МКС применяются приборы АО «НПО ИТ». Для КЭ «Импульс (2 этап)» создан комплекс измерения вакуума и электрофизических параметров НА КВ ЭФП, который позволит исследовать электрические постоянные и переменные поля, переменные магнитные поля и токи, а также давление вакуума в ближней зоне РС МКС.

Для диагностики эффектов плазменно-волновых реакций ионосферы на воздействие плазменных потоков будут привлекаться средства ИЗМИРАН, обеспечивающие зондирование ионосферы с Земли, измерение возбуждаемых радиоволн в КНЧ, ОНЧ – диапазонах, а также проведение радиофизической диагностики плазменных образований, ионосферных возмущений и неоднородностей, формируемых при работе бортовых инжекторов плазмы.

Литература

[1] Кузнецов В.Д., Ружин Ю.Я., Синельников В.М. Геофизические эксперименты на МКС // Космічна наука і технологія. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 12–16.

[2] Лисаков Ю.В., Лапшинова О.В., Пушкин Н.М., Коношенко В.П., Матвеев Н.В., Яшина Л.С. Измерения токов натекания и квазистационарного электрического поля в приповерхностной зоне РС МКС в ионосфере Земли // Космическая техника и технологии. – 2021. – № 4(35). – С. 5–21.

[3] Богатый А.В., Бедрин Ю.К., Дьяконов Г.А., Лапшинова О.В., Любинская Н.В., Нагапетян М.К., Попов Г.А., Семенихин С.А., Тютин В.К., Яковлев В.Н. Импульсный плазменный инжектор «ИПИ-500» для научных экспериментов на борту Международной космической станции // Вестник НПО имени С.А. Лавочкина. – 2021. – № 4/54. – С. 76–83.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Гуфан К.Ю., Иванов С.В., Хабовец Ю.Ю.
(ФГАНУ НИИ «Спецвузавтоматика», г. Ростов-на-Дону)

На сегодняшний день в нашей стране существует ряд отраслей, где применение блокчейн-технологий позволит упростить масштабирование, улучшить степень защищенности и доступности информационных систем, а также повысить уровень доверия к ним [1, 2]. К таким отраслям относятся: финансовая и страховая деятельность, государственное управление, транспортная логистика, область здравоохранения, обрабатывающая промышленность, информационная безопасность. Применение технологий спутниковой связи и технологий распределенного реестра позволяет создавать информационные системы со свойствами, обладающими преимуществами каждой из них.

В докладе описаны базовые принципы устройства блокчейн-сети и решения на базе многоуровневой архитектуры с применением сверток с нулевым разглашением [3, 4]. Рассматриваются применимость блокчейн-решений в условиях интеграции со средствами космического базирования [5]. Исследуются свойства, которые могут быть улучшены за счет интеграции с космическими системами [6]. Приводится обзор существующих зарубежных решений [7]. По результатам предлагается модель работы гетерогенной информационной системы на основе спутниковых каналов связи с учетом ограничений работы космической инфраструктуры и требований к существующим блокчейн-решениям, обеспечивающим доступную интеграцию в гетерогенные информационные системы [8, 9]. Рассмотрены варианты отработки и демонстрации технологий на существующих и перспективных пилотируемых космических системах.

Литература

[1] Безопасность и эффективность электронных платежных систем в сети интернет / К.Ю. Гуфан, М. П. Иванов. – М.: Московские учебники СиДиПресс, 2007. – 234 с. – ISBN 978-5-8443-0050-9. – Текст: непосредственный.

[2] Возможности и перспективы развития блокчейн-технологий для решения широкого спектра задач / К.Ю. Гуфан, С.В. Иванов, В.В. Мкртчян. – Текст: непосредственный // Прикладные проблемы безопасности технических и биотехнических систем. – 2022. – № 1. – С. 13–18.

[3] Merkle, R.C. A Digital Signature Based on a Conventional Encryption Function / R.C. Merkle. – Text: electronic // Advances in Cryptology – CRYPTO ‘87. Lecture Notes in Computer Science. – 1988. – V. 293. – P. 369–378. – DOI: 10.1007/3-540-48184-2_32. – ISBN 978-3-540-18796-7.

[4] Litan, A. Gartner Hype Cycle for Blockchain and Web3, 2022 / Litan, A. – Text: electronic // Gartner: [website]. – July 22, 2022, 2017. – URL: <https://blogs.gartner.com/avivahlitan/2022/07/22/gartner-hype-cycle-for-blockchain-and-web3-2022/> (date of the application: 27.09.2023). – Access mode: free.

[5] Mandl, D. Bitcoin, Blockchains and Efficient Distributed Spacecraft Mission Control / D. Mandl. – Text: electronic // GSFC Information Science & Technology (IS&T) Colloquium. – NASA, 2017. – URL: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20170009470> (date of the application: 27.09.2023). – Access mode: free.

[6] A Blockchain Protocol for Authenticating Space Communications between Satellites Constellations / M. Torky, T. Gaber, E. Goda [and others]. – Text: electronic // Aerospace. – 2022. – V. 9, Iss. 9. – DOI:10.3390/aerospace9090495. – URL: <https://www.mdpi.com/2226-4310/9/9/495> (date of the application: 27.09.2023). – Access mode: free.

[7] La Beaujardiere, J. d. Blockchain Application Within A Multi-Sensor Satellite Architecture / J. d. La Beaujardiere, R. Mital, R. Mital. – Text: electronic // IGARSS 2019 – 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. – Yokohama, Japan, 2019. – P. 5293–5296. – DOI: 10.1109/IGARSS.2019.8898117. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8898117> (date of the application: 27.09.2023). – Access mode: free.

[8] Cosmos SDK Documentation. – Text: electronic // Cosmos SDK: [website]. – URL: <https://docs.cosmos.network/main/learn/intro/overview> (date of the application: 27.09.2023). – Access mode: free.

[9] Secret Network Documentation. – Text: electronic // Secret: [website]. – URL: <https://docs.scrt.network/secret-network-documentation/> (date of the application: 27.09.2023). – Access mode: free.

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ГОЛОСОВОГО АССИСТЕНТА КОСМОНАВТА РС МКС

**Рулев Д.Н., Калери А.Ю., Новиков А.Н., Левченко А.В.,
Прокопьев Е.В., Колесников А.В.
(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)
Ашманов С.И., Крайнов В.С.
(ООО «Лаборатория Наносемантика», г. Москва)**

В рамках целевой работы (космического эксперимента) «Ассистент» осуществляется подготовка создания виртуального (голосового) ассистента космонавта. Решаемыми задачами являются [1]:

– разработка и отработка сопровождения в полете программного обеспечения виртуального ассистента космонавта, включая тематики: планы работ, бортовые инструкции, логистика и инвентаризация, управление операциями, психологическая поддержка;

– выполнение экспериментальных исследований и отработка учета влияния условий космического полета (микрогравитация, зашумленность, ограниченное пространство, автономность) на частотно-акустические характеристики речи, их идентификацию и распознавание содержания речи.

Проблематика исследования обусловлена тем, что частотно-акустические характеристики речи могут изменяться в условиях микрогравитации (по-разному при нахождении внутри герметичного отсека КА и в входе внекорабельной деятельности), в частности, по причине перераспределения жидких сред (которое затрагивает и речевой аппарат), а также космической болезни движения; на распознавание содержания и идентификацию речи существенно влияет повышенная зашумленность на КА (вследствие работы систем вентиляции) и специфика ограниченного пространства (объема отсеков КА и/или скафандра).

Программное обеспечение ассистента создается на базе информационной системы для разработки интеллектуальных виртуальных ассистентов «Dialog Operating System» (Dialog OS) компании ООО «Лаборатория Наносемантика» [2]. Как профессиональная платформа для создания интеллектуальных голосовых и текстовых роботов/ассистентов Dialog OS обеспечивает, в том числе:

- разработку развернутых сценариев диалога;
- визуальный конструктор ответов ассистента;
- разработку базы данных, с которыми может работать НЕ программист.

Формирование Базы знаний ассистента космонавта включает разработку сценариев диалогов по всем указанным тематикам, а также построение контрольных фраз/словосочетаний, которые будет озвучивать космонавт для решения задач, связанных с выполнением экспериментальных исследований и отработки учета влияния условий космического полета на частотно-акустические характеристики речи, их идентификацию и распознавание содержания речи.

Для разработки программного обеспечения ассистента космонавта по темам планов и логистики/инвентаризации предполагается использовать текущие данные суточных планов и системы инвентаризации РС МКС; по темам инструкций и управления операциями – данные текущих бортовых инструкций и текущих операций на РС МКС; по непроизводственной тематике – разнообразные бытовые темы.

Например, перечень возможных вопросов/заданий по содержанию работ экипажа, отражаемых в «Форме 24», может включать:

- Какие работы привязаны (выполняются строго) по времени?
- Выполняется ли «Название работы» (текущая работа) строго по времени?
- Во сколько начинается «Название работы»?
- Время проведения «Название работы»?
- Какие работы запланированы в Task List?

- Какая работа следующая?
- По какой документации проводится «Название работы» (текущая работа)?
- Кто выполняет «Название работы»?
- Запланированы ли для «Название работы» (текущей работы) переговоры со специалистами?
- Зачитай предварительную Форму 24 на следующие сутки.

По тематике системы инвентаризации РС МКС, в частности, актуальны вопросы, связанные с использованием предметов, имеющих ближайший/истекающий срок годности.

По тематике управления операциями в части визуально-инструментальных наблюдений Земли интерес представляют вопросы о времени и условиях наблюдений наземных объектов из Task List.

По тематике бортовых инструкций актуальны вопросы по наиболее сложной и/или новой (вновь доставленной на борт) аппаратуре.

Литература

[1] Рулев Д.Н., Швед Д.М., Ашманов С.И. Разработка виртуального ассистента космонавта // Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). – 2022. – ISBN 978-5-907460-84-3 (ч.2). – С. 181–185.

[2] Рулев Д.Н., Ашманов С.И. Подход к разработке программного обеспечения виртуального ассистента космонавта // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей. – Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2023. – ISBN 978-5-00162-875-0. – С. 182–190.

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОЛОСОВОГО АССИСТЕНТА КОСМОНАВТА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМОЙ ШУМОВОЙ ОБСТАНОВКИ РС МКС

Рулев Д.Н.

(ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва», г. Королёв)

Ашманов С.И., Крайнов В.С.

(ООО «Лаборатория Наносемантика», г. Москва)

Попова Е.В., Умнова Л.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В рамках подготовки к реализации целевой работы (космического эксперимента) «Ассистент» [1] получены экспериментальные данные для анализа функционирования разрабатываемого программного обеспечения (ПО) голосового ассистента космонавта [2] в условиях моделируемой шумовой обстановки РС МКС – в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» на тренажерах

служебного модуля (СМ) «Звезда», многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) «Наука» и малого исследовательского модуля № 1 (МИМ-1) «Рассвет».

В испытаниях использовался ноутбук MacBook Air M2 с установленным ПО голосового ассистента. В тренажерах модулей СМ, МЛМ и МИМ1 выполнялось включение бортовых приборов для создания (моделирования) возможной шумовой обстановки, на фоне которой выполнялись сеансы разговора оператора с ПО голосового ассистента (с аудиозаписью на диск ноутбука). Сеансы выполняются при нахождении оператора с ноутбуком в не менее трех местах каждого из модулей.

Решалась задача оценки аудиозаписей, полученных в различных позициях в модулях РС МКС, с различной удаленностью оператора от микрофона, громкостью речи и позицией относительно источников шума. Анализ аудиозаписей проводился по акустическим параметрам (чистота и ясность звука; искажения и артефакты; громкость и динамический диапазон; отношение сигнал/шум; позиционирование и направленность; субъективное восприятие) и по параметрам автоматического распознавания речи.

Анализ показал наличие следующих основных групп записей: с высокочастотным шумом: (шум схож с голосом); с низкочастотным шумом (голос звучит отчетливо на фоне шума); с низким уровнем полезного сигнала (по сравнению с шумом). Получены следующие общие значения акустических параметров.

Уровень громкости – по оценке среднего уровня громкости шум + голос в аудиозаписи, Loudness Short Term – варьируется от -29.3 до -6.4 LUFS, что свидетельствует о значительной разнице в громкости между записями.

Динамический диапазон – разница между самым тихим и самым громким сигналом на протяжении записи, Loudness Range (LRA) – варьируется от 2.5 до 19.6 LU, что также указывает на существенные различия в динамике между записями.

Пиковая громкость – отображает максимальную амплитуду звука / расчет отношения между сигналом (речью) и фоновым шумом, показывает самый громкий уровень чистого шума и самый громкий, пиковый уровень громкости сигнала (речи), True Peak (PEAK) – варьируется от -10.3 до 3.1 dB, что указывает на наличие пиковых моментов с разной интенсивностью.

Анализ акустических параметров показывает существенное различие аудиозаписей по уровню громкости и динамическому диапазону, граничные случаи имеют высокую громкость, значительную динамику и наличие пиковых моментов с разной интенсивностью.

Получение текстовых транскрипций из аудиофайлов с использованием системы автоматического распознавания речи ASR (Automatic Speech Recognition) реализовано со следующими показателями.

CER (Character Error Rate) – процент ошибок (отличий от оригинала) на уровне символов в распознанном тексте – составляет 2,66 %.

WER (Word Error Rate) – процент ошибок (отличий от оригинала) на уровне слов в распознанном тексте – составляет 9,7 %.

На основании данных показателей можно сделать вывод о хорошей производительности системы ASR – даже при наличии шума и изменчивости громкости речи система продемонстрировала достаточно высокую точность распознавания как символов, так и слов, что показывает приемлемость ее практического использования на борту РС МКС. Широкий спектр условий и вариантов аудиозаписей позволяет судить о практической применимости полученных результатов распознавания.

Представленные результаты полностью применимы к использованному оборудованию (MacBook) и необходимо продолжить тестирование с использованием экземпляра фактического ноутбука, который планируется использовать для бортовой реализации эксперимента (HP ZBook).

Литература

[1] Разработка виртуального ассистента космонавта / Рулев Д.Н., Швед Д.М., Ашманов С.И. // Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»), 2022. – ISBN 978-5-907460-84-3 (ч.2). – С. 181–185.

[2] Рулев Д.Н., Ашманов С.И. Подход к разработке программного обеспечения виртуального ассистента космонавта // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей. – Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2023. – ISBN 978-5-00162-875-0. – С. 182–190.

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕМ ГАЗ РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРЫ, НА СВЕРХНИЗКИХ ОРБИТАХ (150...250 КМ)

**Голиков А.А., Ширковский И.А., Янова О.В.
(ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт»
имени профессора Н.Е. Жуковского, г. Жуковский)**

В докладе освещены проблемные вопросы создания космических аппаратов, использующих двигательную установку с прямоточным воздушным электроракетным двигателем (ПВЭРД), предназначенных для длительного существования (годы) на сверхнизких орбитах. Для Земли это орбиты высотой до 250 км, а рабочим телом для плазменно-ионного двигателя (ПИД) служит газ остатков атмосферы на этих высотах.

Известно, что на сверхнизких орбитах время поддержания КА с ЭРД использующими запасенное на борту топливо, достаточно ограничено и без запаса топлива, как правило, не превышает недель. Для более высоких орбит ~254 км, спутник GOCE (EASA), запущенный с космодрома Плесецк РН Рокот/Бриз-М в 2009 г., просуществовал около 4-х лет, но с постоянно работающим ЭРД, израсходовав при этом около 40 кг ксенона [1]. Отечественные КА военно-морской космической разведки «Космос» серии УС-А существовали на орбитах 240...280 км не более 135 суток [2, 3].

Вместе с тем, использование сверхнизких орбит дает множество преимуществ, таких например как: в 5–7 раз увеличение разрешения при зондировании поверхности для одинаковой апертуры; в 120–300 раз снижение массы/габаритов КА при том же разрешении приемных устройств; в 25–50 раз снижение требуемой мощности наземного и бортового оборудования связи; на два порядка снижение интенсивности естественного радиационного воздействия; значительное снижение рассеивания и запаздывания сигнала.

В докладе перечислены основные критические технологии, без разработки которых и доведения их до уровня готовности не менее 6 создание КА на основе ПВЭРД будет проблематичным. Отмечены наиболее важные направления исследований – экспериментальная отработка устройств забора атмосферных газов (УЗАГ), позволяющая поднять в сотни раз концентрацию газа для запуска ПИД, решение вопросов аэродинамики КА в переходном слое от движения в сплошной среде до свободномолекулярного потока газа, оптимизация орбитального движения КА учитывающего эффективность солнечных батарей и некоторых других.

В заключении отмечено, что направление исследований в обеспечение создания двигательных установок с ВЭРД для долгоживущих КА на сверхнизких орбитах (150...250 км) является перспективным, а само создание таких аппаратов с учетом накопленного НТЗ реализуемо в краткосрочной перспективе; накопленный научно-технический задел и экспериментальная база ЦАГИ позволят решить задачи исследования, комплексной оптимизации, разработки и создания двигательных установок с ПВЭРД для долгоживущих КА на сверхнизких орбитах; в кооперацию предприятий по созданию долгоживущих КА для сверхнизких орбит могут войти ВНИИЭМ, ПМЭ МАИ, ФКИ МГУ, ЦНИИмаш и другие, в части развития научно-технического и технологического задела для КА с ПВЭРД, разработки способов и средств устойчивого плазмообразования сильноразреженных газов ионосферы, оптимизации управления КА с ПВЭРД на сверхнизких орбитах, комплексной оптимизации параметров компоновки КА с учетом особенностей атмосферы, формы и геопотенциала Земли.

Литература

- [1] <https://ru.wikipedia.org/wiki/GOCE>.
- [2] <https://habr.com/ru/articles/381701/>.
- [3] <https://www.ippe.ru/realized-projects/275-space-npp?ysclid=lna787213w629425848>.
- [4] К вопросу создания многоразовых аэрокосмических систем для осуществления транспортных операций в интересах научно-прикладных исследований и экспериментов / Гранич В.Ю., Дзёма Ю.М., Ширковский И.А. // Сборник тезисов докладов XIV Международной научно-практической конференции. Звездный городок, октябрь 2021. – С. 120–123.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ОТОЛИТО-КАНАЛОВОГО КОНФЛИКТА В НЕВЕСОМОСТИ ПРИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА

**Александров В.В., Магомедов М.Х., Садовничий В.А.,
Сухочев П.Ю., Тихонова К.В.**

(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

Э. Сото

(Заслуженный Автономный Университет Пуэбла де Саргоса, Мексика)

Исследования [1–3] выявили, что при длительном пребывании на орбите в 72 % случаев у космонавтов регистрируются нарушения в прослеживании за движущейся целью и фиксации взора на цели. Нарушение точности саккадического перевода взора и плавного слежения (особенно в вертикальной плоскости) приводит к существенному увеличению времени нахождения, распознавания объекта и установки взора. Также, начиная с 50-х суток пребывания в условиях невесомости периодически вновь возникает резкое замедление реакции слежения [4], что, согласно исследованиям, выполненным специалистами отдела ГНЦ РФ – ИМБП РАН под руководством И.Б. Козловской, и стало причиной аварии, произошедшей на орбитальной станции «Мир» 25 июня 1997 года.

Целевая работа «Изучение возможности уменьшения отолиито-каналового конфликта в невесомости при гальванической стимуляции вестибулярного аппарата» (ЦР) включена в состав Долгосрочной программы целевых работ (ДППЦР), планируемых на МКС.

Цель проведения ЦР – получение экспериментальных данных для анализа возможностей нормализации параметров установки взора на мишени в условиях невесомости при применении технологии гальванической вестибулярной стимуляции (ГВС) [5].

В процессе проведения ЦР будут решаться задачи оценки качества стабилизации взора при различных параметрах стимуляции в предполетных

наземных испытаниях; определение точности установки головы и глаз в невесомости на неподвижных мишенях и начала стабилизации взора с применением ГВС и без, с последующим анализом возможности уменьшения отолито-каналового конфликта.

Предлагается применить ГВС для формирования стабильного сигнала (идентичного сигналу, формируемому отолитовым органом при воздействии силы тяжести на Земле) Применение ГВС для имитации сигнала, идентичного формируемому на информационном выходе отолитового органа в условиях земной силы тяжести, с целью обеспечить согласованность информации, передающейся от вестибулярного аппарата в центральную нервную систему (ЦНС). Для исследования установки взора необходим видеоокулограф (ВОГ). В качестве дополнения, позволяющего скорректировать показания видеоокулографа, предложено снабдить ВОГ датчиками магнитного окулографа (МОГ). Для фиксации взора на точках с известным углом отклонения от центра, создан экран с пятью предъявляемыми в программном режиме стимулами. Авторским коллективом МГУ изготовлены опытные образцы научной аппаратуры (ГВС и МОГ – группой Магомедова М.Х., ВОГ – группой Григоряна Г.Л., экран – группой Сухочева П.Ю.), прошедшие проверки в лаборатории МОИДС МГУ.

Для обеспечения комфорта и удобства использования оборудования космонавтами на борту, необходимо на этапе проектирования учесть замечания и пожелания космонавтов. Для этого требуется провести ознакомительные сеансы с испытуемыми, включая людей, обладающих опытом работы в условиях орбитального космического полета.

Ожидаемый результат – снижение задержки взора и повышение комфорта, и как следствие – повышение качества и безопасности операторской деятельности в космосе, особенно при ручном управлении стыковкой, управлении различными устройствами, предназначенными для монтажа конструкций и спасения космонавта в случае возникновения нештатной ситуации, то есть в тех ситуациях, когда присутствует активный или пассивный поворот головы, и важна скорость и точность восприятия визуальной информации и точность действий.

Литература

[1] Корнилова, Людмила Николаевна. Вестибулярная функция и межсенсорное взаимодействие в условиях измененной гравитации: автореферат дис. доктора медицинских наук 14.00.32 / Ин-т медико-биологических проблем. – Москва, 1998. – 104 с.

[2] Berger M., Gerstenbrand F., Kozlovskaya I.B., Burlatchkova N., Muigg A., Sokolov A., Babaev B., Grill I., Borisov M., DeCol C., Holzmuller G., Hochmair E., Steinwender G. Eye, head and arm coordination and spinal reflexes in weightlessness – Monimir Experiment // In: Health from Space Research, Wien, N.Y.; Springer. – 1992. – P.135–199.

[3] E.S. Tomilovskaya, M. Berger, F. Gerstenbrand and I.B. Kozlovskaya. Effects of long-duration space flights on characteristics of the vertical gaze fixation reaction // *Journal of Vestibular Research*. 2013. – V.23. – p. 3–12.

[4] Корнилова Л., Григорова В., Мюллер Х. и др. Вестибулярная система. Межсенсорное взаимодействие. Пространственное восприятие и ориентация в пространстве. Космический адаптационный синдром и космическая болезнь движения // В кн.: Орбитальная станция «МИР». М. – 2002. – Т. 2. – С. 208–252

[5] Galvanic correction of pilot's vestibular activity during visual flight control / V.A. Sadovnichii, V.V. Aleksandrov, O.V. Aleksandrova et al. // *Moscow University Mechanics Bulletin*. – 2019. – Vol. 74, No 1. – P. 1–8. The application of galvanic vestibular stimulation is considered for the galvanic correction of pilot's vestibular activity during visual flight control on a flight-dynamic stand and in extreme flight situations. DOI: 10.3103/S0027133019010011

СЕКЦИЯ 4
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОЭТАПНОГО СОЗДАНИЯ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Хрипунов В.П., Сосюрка Ю.Б., Игнатьев С.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В соответствии со «Стратегией российской пилотируемой космонавтики на период до 2035 года», утвержденной Госкорпорацией «Роскосмос» в 2022 году, в настоящее время одной из основных целей пилотируемой космонавтики является решение практических задач, связанных с созданием и развертыванием новой национальной Российской орбитальной станции (РОС).

В настоящее время в Центре подготовки космонавтов большое внимание уделяется вопросам создания ТСПК по программе РОС. При этом состав и технический облик ТСПК определяется конфигурацией, составом и характеристиками будущей РОС (научно-энергетического, базового, шлюзового, узлового, целевых модулей и их основных систем).

Важнейшей составной частью технических средств подготовки космонавтов (ТСПК) по программе РОС являются тренажеры – сложные интерактивные обучающие эргатические системы, предназначенные для проведения комплексной и специализированной профессиональной подготовки космонавтов к управлению РОС, эксплуатации бортовых систем и научной аппаратуры.

В структуре ТСПК РОС ключевое место принадлежит комплексным тренажерам модулей. Эти тренажеры предлагается поэтапно создавать на базе и в составе так называемого тренажерного комплекса (ТК) модулей РОС.

Используемые при создании ТК технические решения и технологии обеспечивают ряд преимуществ создания ТК по сравнению с возможным созданием автономных тренажеров отдельных модулей. Как показывает опыт разработки и эксплуатации тренажеров орбитального комплекса «Мир» и РС МКС, основными из них являются [1]:

относительная простота наращивания функциональных возможностей тренажеров ТК, сокращение этапов и объемов проектирования при модернизациях за счет возможности повторного использования проектных решений и документов;

сокращение сроков и стоимости создания и модернизации ТСПК, имеющих решающее значение при высоких темпах развертывания РОС (вводе новых модулей в состав орбитального комплекса, расширении их функциональных возможностей);

оптимизация количества аппаратных и программных средств в составе тренажеров и обслуживающего персонала за счет эксплуатации функциональных систем коллективного использования;

возможность проведения как автономных, так и многосегментных тренировок по отработке взаимодействия нескольких экипажей при совместном выполнении общих полетных задач;

обеспечение непрерывного цикла модернизации тренажеров без вывода их из эксплуатации.

Идеология разработки ТК М РОС предусматривает функционирование в едином информационном поле:

систем и программно-аппаратных средств индивидуального пользования, жестко связанных с макетами модулей РОС;

унифицированных систем коллективного использования, обеспечивающих работу тренажеров всех модулей и разрабатываемых независимо от сроков создания и специфики отдельных модулей.

Предполагается, что разработка функциональных систем коллективного использования должна проводиться параллельно с разработкой тренажеров первых трех модулей РОС, на которых будет работать первая экспедиция.

При создании и вводе в эксплуатацию каждого последующего модуля РОС тренажерный комплекс РОС дорабатывается: создается соответствующий комплексный тренажер модуля, модернизируются функциональные системы коллективного использования с минимальными изменениями в их программных и аппаратных частях.

Наличие головного разработчика ТК позволит обеспечить технологическую и техническую координацию разработчиков отдельных тренажерных систем и создаст необходимые предпосылки для обеспечения реализации вычислительных потребностей большей части тренажерных систем за счет ресурсов единой вычислительной системы ТК.

Литература

[1] Тренажерные комплексы и тренажеры / Технологии разработки и опыт эксплуатации. – Под ред. В.Е. Шукшунова / В.Е. Шукшунов, В.В. Циблиев, С.И. Потоцкий и др. – М.: «Машиностроение», 2005. – 384 с.

СОЗДАНИЕ ЕДИНОГО ИНТЕГРИРОВАННОГО УТМК РОС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Шукшунов В.Е., Шукшунов И.В., Янюшкин В.В., Душенко Т.Г.
(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Учебно-тренажерно-моделирующий комплекс Российской орбитальной станции (УТМК РОС) должен строиться как единый глубоко интегрированный комплекс, прообразом которого может являться эксплуатирующийся в настоящее время комплекс тренажеров (КТ) российского сегмента Международной космической станции (РС МКС), а также на принципах, рассмотренных в разработанной ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» (ООО «ЦТиПП») концепции создания единого УТМК [1–3].

К основным положениям, на которые необходимо опираться при проектировании УТМК РОС относятся тот опыт и технологии, которые были применены при проектировании и создании ООО «ЦТиПП» трех поколений тренажерных комплексов для подготовки космонавтов, те новации и уникальные решения, позволившие в краткие сроки создавать на базе новых технологий учебно-тренировочные модули – аналоги космических кораблей и модулей РС МКС в тренажном исполнении, как рабочие места космонавтов (РМК) в тренажерах, разрабатывать программное обеспечение и вводить в эксплуатацию новые тренажеры и ФМС.

Концептуальной основой создания УТМК РОС является формирование распределенной информационно-моделирующей среды, единого информационного пространства, использующего набор универсальных унифицированных интерфейсов и принципов модульности единого интегрированного УТМК. Другой крупной задачей, решаемой в процессе создания перспективной учебно-тренажерной базы, является создание автоматизированной системы управления подготовкой космонавтов (АСУ ПК), которая должна обеспечить решение вопросов планирования, контроля и оперативного управления процессом подготовки космонавтов.

Применение новых технологий, современного оборудования, программного обеспечения и вычислительных мощностей на каждой из составных частей автономных тренажеров не сможет дать того положительного эффекта в рамках всего УТМК РОС, какой даст взаимное объединение и максимальная унификация с целью построения единого глубоко интегрированного многофункционального УТМК РОС.

Поэтапное создание УТМК РОС в плане постепенного добавления новых РМО орбитальных модулей и наличия систем коллективного пользования даст возможность оперативно и в срок наращивать функциональные

возможности всего комплекса, своевременно проводить подготовку космонавтов. Таким образом, предполагается концептуальное разделение УТМК РОС на две составные части: системы коллективного пользования и рабочие места операторов (РМО) на базе полномасштабных аналогов модулей РОС.

В целом системы коллективного пользования УТМК РОС должны представлять собой распределенный ресурс единого УТМК РОС, посредством которого происходит процесс управления, контроля и функционирования всех видов тренировок космонавтов на УТМК РОС. Также данный ресурс позволяет обеспечивать интеграционные процессы с имеющимися и частично модернизируемыми под программу РОС ТСПК, новыми разрабатываемыми ТСПК и другими средствами подготовки, находящимися как в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», так и территориально удаленными.

Предлагаемые подходы, алгоритмы и решения по созданию единого интегрированного УТМК РОС разработаны и апробированы ООО «ЦТиПП» в ходе проведенных НИР и ОКР по данному направлению с 2010 г. по настоящее время.

Таким образом, уже сегодня важно начинать опережающее создание большей части структуры УТМК РОС, которая инвариантна к типу конкретных тренажеров, создаваемым на его базе, что позволит сократить время разработки, создания и ввода в эксплуатацию тренажеров и систем в составе УТМК. Задел ООО «ЦТиПП» в виде полноразмерного эргономического макета НЭМ, комплексного тренажера НЭМ, комплексных тренажеров УМ и МЛМ является ценным стартовым капиталом для ускоренного создания новейшей тренажерной базы по программе РОС.

Использование научного опыта, производственных мощностей, конструкторской и технологической документации, а также имеющегося научно-технического задела ООО «ЦТиПП» позволит опережающими темпами создавать тренажерную базу, осуществлять своевременную подготовку экипажей непосредственно в ходе создания РОС, обеспечивать полноценную информационную поддержку новой космической программы.

Литература

[1] Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В. Учебно-тренажерно-моделирующие комплексы нового поколения для подготовки космонавтов. – М.: Машиностроение, 2015. – 112 с.

[2] Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В., Чуланов А.О. Основы создания цифрового тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения для подготовки космонавтов. – М.: Инновационное машиностроение, 2020. – 248 с.

[3] Интегрированный учебно-тренажерно-моделирующий комплекс для подготовки экипажей Российских пилотируемых космических аппаратов [Текст], патент № 2559872, Российская федерация: МПК G09B 9/52, зарег. 17.07.2015 г.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
НА ТРЕНАЖЕРАХ ПОДГОТОВКИ ЛЕТЧИКОВ И КОСМОНАВТОВ**

Бюшгенс А.Г.

(АО «ИННОТЕХ», г. Жуковский)

Чунтул А.В.

(ООО «Корпорация Русская эргономика и интеллектуальные системы», г. Москва)

Крючков Б.И.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Хохлов Ю.В.

(АО «ИННОТЕХ», г. Жуковский)

Пространственная ориентировка и иллюзии являются сопутствующими факторами полета. В равной степени это относится к перемещениям как в воздушном, так и космическом пространствах. Данные эффекты оказывают существенное влияние на профессиональные действия космонавтов и летчиков, во многом определяют уровень безопасности полетов и эффективности выполнения задач.

Согласно статистике, около 20 % летных происшествий и предпосылок к ним происходят в результате потери экипажами пространственной ориентировки [1, 3, 4, 6, 7].

Выработка навыков пространственной ориентировки, требует, помимо изучения теории, практического ее закрепления. Упражнения в реальном полете по большей части не представляется возможными, как по причине сложности воспроизведения требуемого набора эффектов, так и соображений безопасности. В этой связи особую актуальность приобретает вопрос специальной тренажерной подготовки.

Анализ зарубежного опыта показывает, что в ряде центров подготовки летного состава для отработки указанных задач нашли применение специализированные тренажеры, такие как «Дездемона» (Нидерланды), «Кентавр» (Австрия) и другие. Данные устройства являются сложными и дорогостоящими. В настоящий момент единственным отечественным аналогом является исследовательский пилотажный стенд (ИПС) [2], находящийся в составе экспериментальной базы кафедры авиационно-космической медицины Военно-медицинской академии (Санкт-Петербург). ИПС содержит ряд инновационных решений, позволяет демонстрировать определенный набор иллюзорных ощущений полета, а также применять известные методы сохранения правильных пространственных представлений.

Для задач космических полетов, причины и проявления различных иллюзий имеют характерные особенности. Перечень иллюзий, их частота,

условия проявления, влияние на безопасность полетов и методы преодоления могут быть представлены в каталоге [6, 7].

В целом, в отечественной и мировой практике, несмотря на очевидные достижения, дефицит технологий имитации пространственных ориентации является существенным.

Опыт применения ИПС и анализ зарубежных решений показал, что перспективными направлениями развития указанных технологий являются: расширение диапазона угловых и пространственных перемещений кабинного модуля; реконфигурация летно-технических характеристик летательного аппарата; система ситуационного моделирования; улучшение характеристик системы визуализации; моделируемые информационное и управляющее поля; расширение параметров блока биологической обратной связи; интеллектуальная система оперативной обработки информации и другие.

Для внедрения указанных технологий предлагается использовать ИПС в качестве базового решения. Выполненный на основе робота-манипулятора в качестве механизма системы имитации акселерационных воздействий, ИПС позволяет наращивать функциональные возможности с учетом особенностей космических полетов при относительно невысокой стоимости разработки. Предлагаемый подход является альтернативой традиционно применяемым технологиям на авиационных тренажерах и исследовательских стендах.

Литература

- [1] Экспериментально-психологические исследования в авиации и космонавтике / Береговой Г.Т., Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. – М.: Наука, 1978. – 304 с.
- [2] Особенности создания и перспективы развития исследовательского пилотажного стенда для психофизиологической подготовки летного состава / Благинин А.А., Бюшгенс А.Г., Хохлов Ю.В., Ляшедько С.П. – СПб, ВМедА, 2021. – 9 с.
- [3] ГОСТ Р 59277-2020 Национальный стандарт Российской Федерации. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта.
- [4] Образ в системе психической регуляции деятельности / Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. – М.: Наука, 1986. – 315 с.
- [5] Психофизиология безопасности полетов / Лапа В.В., Пономаренко В.А., Чунтул А.В. – М.: МОО «Ассоциация журналистов», 2013. – 396 с.
- [6] Пономаренко В.А., Завалова Н.Д. О синтезе психологических и физиологических механизмов поведения и готовности оператора в аварийной ситуации // Эргономика, техника, экономика, информация. – 1983. – № 1(15). – С. 6–17.
- [7] Коваленко П.А., Пономаренко В.А., Чунтул А.В. Иллюзии полета. Авиационная делилология. Методические рекомендации. – М., 2005. – 376 с. с ил.

ПРИМЕНЕНИЕ РОССИЙСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ЯДРА ВИЗУАЛИЗИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Лаврентьев М.М.

(ФГБУН Институт автоматки и электротметрии СО РАН, г. Новосибирск)

Бартош В.С., Огородников Д.В.

(ООО «Софт.Лаб-НСК», г. Новосибирск)

В 2017 году принята национальная программа «Цифровая экономика», утвержденная правительством РФ, согласно которой приоритет в использовании программного обеспечения органами госвласти и компаниями с госучастием должен быть отдан отечественным программным решениям. Согласно Программе к 2024 году доля отечественного программного обеспечения в госструктурах должна превышать 90 %, а в госкомпаниях – 70 %. Имеется проект соответствующего указа Президента.

В связи с этим в Технических средствах подготовки космонавтов (ТСПК) становятся актуальными два вопроса: осуществление перехода с операционной системы (ОС) Windows на российские ОС, основанные на дистрибутивах семейства Linux с открытым исходным кодом, и выполнение разработки специализированного программного обеспечения (СПО) из состава ТСПК на отечественном ядре визуализирующей системы (ЯВС), представляющим собой набор программных средств для разработки систем компьютерной генерации изображений (СКГИ) из состава действующих и, в особенности, будущих тренажеров.

В области разработки российских ОС на данный момент существует несколько доступных вариантов, которые могут быть использованы в качестве подходящей ОС для ТСПК.

В сфере разработки ЯВС дела обстоят сложнее в силу того, что имеющиеся на рынке варианты обладают рядом серьезных ограничений. Потому что ЯВС, помимо наличия серьезных технических характеристик, должно удовлетворять следующему ряду требований: отечественная организация в качестве разработчика, доступность исходного кода, возможность адаптации к работе на российских ОС, бесплатная и бессрочная лицензия на использование СПО, разработанного на данном ЯВС.

В докладе проведен сравнительный анализ ОС и ЯВС, в частности, указаны характеристики, преимущества и недостатки, кроме того сделаны выводы о возможных путях дальнейшей работы по увеличению доли использования отечественного программного обеспечения в ТСПК.

НЕОБХОДИМОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ, РЕГИСТРАЦИИ И ОТОБРАЖЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСА ТРЕНАЖЕРОВ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю.

(ФГБУН Институт автоматики и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск)

Брагин В.И.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Цель модернизации системы обработки и отображения визуальной информации (СООВИ) «Мозаика» комплекса тренажеров российского сегмента Международной космической станции (КТ РС МКС) – расширение возможностей и повышение эффективности визуального контроля операторами пульта контроля и управления (ПКУ) за действиями экипажей МКС, а также повышение качества работы межведомственной экзаменационной комиссии (МЭК) при проведении экзаменационных комплексных тренировок (ЭКТ).

Рост требований к визуальному качеству отображаемой и регистрируемой информации при увеличении числа объектов наблюдения привел к необходимости кратного увеличения производительности системы в целом, что потребовало частичной смены как общей архитектуры, так и отдельных технологических решений в части обработки и хранения аудиовизуальной информации.

В результате модернизации обеспечивается возможность подключения к системе большего числа камер высокого разрешения и других источников медийных данных для повышения объективности и достоверности информации, предоставляемой членам МЭК о ходе ЭКТ, как в реальном времени, так и при последующем анализе тренировок и принятии решений по оценке действий космонавтов.

Достичь кратного увеличения показателей предполагается за счет внедрения параллельной масштабируемой архитектуры с поддержкой нескольких регистраторов, микшеров-коммутаторов и управляющего сервера в единой среде. Повышение четкости, в частности, будет позволять с высокой точностью наблюдать и фиксировать показания приборов и индикаторов в поле зрения наблюдения, текстовой информации и т. п.

Кроме того, становится необходимым переход программных инструментов системы на независимые, в том числе отечественные платформы, расширение возможностей адаптации пользовательских интерфейсов для конкретных задач. Для этого предполагается создание клиентского WEB-интерфейса управления системой, который бы мог работать через браузер на платформах Windows, iOS, Linux и других.

Опыт эксплуатации СООВИ КТ РС МКС демонстрирует эффективность применяемых подходов, а с учетом возможностей развития и модернизации системы очевидна ее применимость к различным задачам тренажерного комплекса Российской орбитальной станции.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ РЕГИСТРАЦИИ
АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ
В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСОВ ТРЕНАЖЕРОВ
ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА**

Дулупов В.Е., Шадрин М.Ю.
(ФГБУН Институт автоматизации и электротехники СО РАН, г. Новосибирск)

Тренажеры для тренировок космонавтов, установленные в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, оснащены системами многоканальной аудиовизуальной регистрации. Они позволяют осуществлять запись изображений не только с видеокамер, но и с экранов систем визуализации и вычислительных систем тренажеров (ВСТ). Некоторые регистраторы позволяют получать по локальной сети команды, поступающие от ВСТ, записывать их синхронно с видеорядом, а также создавать метки в записи по заданным правилам в автоматическом режиме. Каждый регистратор содержит в составе программного обеспечения средства, позволяющие хранить архив тренировок, а также осуществлять экспорт видеофрагментов тренировок для внешнего анализа и хранения. В настоящее время эти технические возможности используются далеко не полностью.

В докладе представлен обзор возможностей развития систем регистрации для тренажеров. Рассматриваются технические средства, позволяющие улучшить качество записываемых изображений и звука, что, в свою очередь, предоставляет инструкторам более детальную информацию о действиях тренируемого, чем повышает эффективность тренировочного процесса. Кроме этого, обсуждаются средства автоматизации, позволяющие усовершенствовать поиск и анализ информации, записываемой в ходе тренировок. Также предлагается комплекс мер, направленных на объединение регистраторов в единую систему, что позволит осуществлять централизованное хранение, анализ и поиск данных, получаемых в результате проведенных тренировок космонавтов.

О ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВИДЕОКОНТРОЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ

Звёздочкин М.Ю., Товпеко А.В.
(Филиал АО «РКЦ «Прогресс» – ОКБ «Спектр», г. Рязань)

Изложены вопросы о совершенствовании систем видеоконтроля тренажеров космонавтов в ближней и дальней перспективе. Рассмотрены пути масштабирования в части новых пользователей, востребованные элементы аудио- и видеоаналитики, возможность унификации для наращивания различными входными и выходными форматами.

Особое конструкторское бюро «Спектр» имеет опыт сотрудничества с НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина в части разработки СОРАВИ «Амулет» – системы обработки и регистрации аудио- и видеoinформации для нового комплексного тренажера. Помимо прямого выполнения технических требований рассматривались и пути функционального наращивания, в русле которых может идти дальнейшая доработка системы. Пока предусмотрен обязательный минимум функций – прием от телевизионной аппаратуры и системы компьютерной генерации изображений, фиксация команд вычислительного комплекса, ведение базы мультимедиа, позволяющее просматривать процесс тренировки в реальном времени и в записи на выбранном интервале, выполнять поиск фрагментов видео по множеству критериев, среди которых комментарии экспертов, события, временные интервалы и др. Следующий вопрос – в каком направлении развивать функциональные характеристики, помимо тривиального наращивания качества видео. Помимо очевидных путей, продиктованных совершенствованием аппаратуры – переход разрешения от Full HD к 4K Ultra, интерфейсов 3G-SDI к 12G-SDI, кодека AVC H.264 к HEVC H.265 и т.п. – необходимо понимание, в каком плане должны меняться предоставляемые пользователям сервисы системы.

Первое направление развития подсказано трендами видеоконтроля в охранных системах – это автоматическая аналитика. Для служб безопасности важны посторонние транспортные средства, очаги задымления, скопление очередей на входах помещений, при более подробной обработке – появление нежелательных лиц на территории. По аналогии, применительно к СОРАВИ элементами видеоаналитики могут стать три составляющие:

- 1) «поведенческие шаблоны» обучаемых – четкая программа выполнения действий, формализованная, как группа эталонных изображений с временным допуском – руки на элементах управления, позиции рычагов и тумблеров, лампы индикаторов, показания на дисплеях контроля состояния. Цель – автоматически дать оценку корректности действий, указать контролирующему инструктору о зафиксированных несоответствиях;

2) контроль работоспособности и мониторинг технического состояния тренажера, в частности – соответствие индикаторов командам вычислительного комплекса, реакция подсистемы задымления и имитации звуковой обстановки на переключения режимов тренировок;

3) лишние (забытые) предметы, которые могут представлять потенциальную опасность пилотам в реальном полете.

Наблюдатель-инструктор может дать объективную оценку самостоятельно, но видеоаналитика поможет во-первых его разгрузить, обеспечив автоматическими подсказками, во-вторых автоматически расставить отметки в базе видеоконтроля для удобного последующего поиска интересных моментов. Возможная вершина аналитики в будущем – распознавание психологического состояния обучаемых в экстремальных и аварийных режимах по интонации голосов, мимике лиц, моторике движений, характеру коммуникаций, показателей реагирования на события окружающей обстановки.

Следующее направление совершенствования – это масштабирование по числу потребителей мультимедиа. От обычного просмотра с пульта управления тренажером целесообразно перейти к вещанию в локальную сеть НИИ ЦПК и, при необходимости, других структур Роскосмоса. Среди потребителей могут быть сотрудники заказывающих и научных управлений, руководители космических проектов, эксперты, дополнительно подключаемые для контроля тренировок и т. д. С точки зрения доработки СОРАВИ это переход от специализированного приложения просмотра к стриминговому Web-сервису, позволяющему с тонкого клиента выбирать различные источники исходных и комбинированных изображений, а также проработка модулей настройки и переформатирования потоков. Одно из возможных свойств – системная интеграция СОРАВИ с пультом врача для привязки медицинских показателей к аудио и видео для более детального анализа устойчивости к стрессу и оценке причин изменений. Здесь же вопросы защиты информации – TLS шифрования сеанса, аутентификация клиента с предоставлением доступа в зависимости от должностной роли, разграничение прав.

Третье направление, наиболее важное и на ближайшую перспективу, – унификация общего «вычислительного ядра» СОРАВИ. Это создание универсальной модульной структуры для экстенсивного наращивания – камерами, платами видеозахвата, выходными форматами, протоколами, кодеками. Унифицированная СОРАВИ может быть единой системой видеоконтроля как на разных комплексных тренажерах, так и в бассейнах для отработки внекорабельных действий. В настоящее время это различные системы с разным принципом действия, требующие разных навыков оператора и предоставляющие различные возможности поиска видео. Их можно обобщить единой базой данных и программным инструментом для записи и поиска.

ПРИБОР ЦВМ201 И СРЕДСТВА ОТЛАДКИ БОРТОВОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НЕГО

**Орлов А.В., Гришин В.Ю., Былинкин И.К., Гусев Е.В., Тарабаров П.А.
(АО «НИИ «Субмикрон», г. Москва, г. Зеленоград)**

Одним из важнейших факторов успешного и безаварийного осуществления космических полетов является стабильная, штатная и прогнозируемая работа всех систем корабля. Ключевым управляющим элементом в этой работе становится бортовой вычислитель – центральная вычислительная машина. Именно от его надежности и уровня проработки его аппаратных и программных компонентов зависят все остальные системы корабля [1].

АО «НИИ «Субмикрон» в интересах ПАО «РКК «Энергия» разработало центральную вычислительную машину ЦВМ201.

ЦВМ201 представляет собой 4-канальную резервированную цифровую вычислительную машину, состоящую из четырех идентичных функциональных вычислительных модулей (ВМ) для обеспечения высокого уровня отказоустойчивости и вторичного источника питания (ВИП).

ЦВМ201 обеспечивает базовые функции сбое- и отказоустойчивых бортовых вычислителей, как автоматическая реконфигурация, а также поддержка процедур взаимного информационного согласования (ВИС).

Для обеспечения функции автоматической реконфигурации в АО «НИИ «Субмикрон» разработан специализированный контроллер управления конфигурацией (КУК), интегрированный во все вычислительные модули, с помощью которого можно управлять питанием и перезапуском модулей. Данный контроллер подключен к магистрали межмашинного обмена для обеспечения доступа со стороны ВМ.

Надежность бортового программного обеспечения (БПО) определяется полнотой его тестирования. В условиях высокой сложности и сжатых сроках разработки особое внимание уделяется технологии и инструментальным средствам отладки и тестирования БПО [2].

В АО «НИИ «Субмикрон» создана технология, решающая данные проблемы и позволяющая достичь необходимой полноты отработки БПО. В основу технологии положены следующие принципы:

- разбиение процедуры отладки и тестирования БПО на этапы и обеспечение каждого из них необходимыми аппаратно-программными средствами;
- отработка на всех этапах только штатного БПО [3].

Предлагаемая технология и унифицированные программно-аппаратные средства успешно применяются для разработки общего и специального

программного обеспечения Заказчика вычислительных машин, проектируемых в АО «НИИ «Субмикрон».

Для проверки функционирования ЦВМ201-1 по всем имеющимся штатным бортовым интерфейсам больше разработана контрольная аппаратура – стенд КИА ЦВМ201. Для отладки общего программного обеспечения ЦВМ201-1 разработано рабочее место программиста – РМП ЦВМ201.

Для использования двух ЦВМ201-1 в конфигурации, обеспечивающей использование всех интерфейсов, в составе комплексного тренажера для подготовки космонавтов разработан программно-аппаратный комплекс – ПАК ЦВМ201.

Наземная отработка ЦВМ201-1, происходящая в разных режимах, позволяет обеспечить надежную целевую работу ЦВМ201-1. Для полноценной проверки ЦВМ201-1 требуется широкий спектр наземной аппаратуры, позволяющий проводить отработку функционирования без использования (или с минимальным) использованием аппаратуры корабля.

Литература

[1] Технология сборки и испытаний космических аппаратов [Текст]. Под общ. ред. И.Т. Белякова и И.А. Зернова. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

[2] Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003. – 336 с.

[3] Липаев В.В. Надежность и функциональная безопасность комплексов программ реального времени. – М.: ЗАО «Светлица», 2013. – 192 с.

РАБОТЫ АО «НИИ ТЕЛЕВИДЕНИЯ» ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Гуля-Яновский Д.В., Лыкова Е.М.
(АО «НИИ телевидения», г. Санкт-Петербург)**

Усложнение задач, выполняемых на космических кораблях, вызвало необходимость обучения космонавтов, привело к созданию специальных тренажеров, основная задача которых состоит в выработке навыков управления бортовыми телевизионными системами космических аппаратов [1].

Становление пилотируемой космонавтики – это время создания одновременно с пилотируемыми кораблями учебных средств подготовки космонавтов, реализующих один из основных принципов обучения: «лучше один раз увидеть, чем семь раз услышать». Тренировки на комплексном тренажере, как вспоминал В.А. Шаталов, впоследствии при космическом полете «дают

возможность почувствовать себя истинным хозяином космического корабля», и «...хорошо подготовленный на тренажерах к встрече с различными отказами и неожиданными ситуациями космонавт и в реальном полете не будет терять время на эмоции и поиски правильного решения»[2].

На телевизионную аппаратуру, используемую в составе тренажеров и стендов, возложен целый ряд задач:

- моделирование работы штатной бортовой телевизионной системы корабля на всех этапах полета (старт, орбитальный полет, ориентация, облет, сближение, причаливание, стыковка, разделение, спуск);

- визуализация изображений внешней обстановки в приборах и средствах наблюдения корабля для отработки задач ориентации, сближения, причаливания и стыковки;

- контроль за деятельностью экипажа на рабочих местах в процессе обучения.

В настоящее время в связи с импортозамещением, необходим переход к полностью отечественному составу аппаратуры для обработки и передачи видеoinформации в системах тренажеров для пилотируемых кораблей.

АО «НИИ телевидения» 60 лет разрабатывает телевизионные комплексы, входящие в состав тренажерных комплектов. Сейчас институт находится в стадии разработки конструкторской документации по темам «Оникс» и «Реголит», для перспективного транспортного корабля (камеры внешнего и внутреннего контроля). Развитие космической техники поставило перед институтом задачу разработки тренажеров современных ТВ систем на основе искусственного интеллекта, систем высокой четкости передачи информации, оптоволоконных кабельных сборок и пр.

Для улучшения качества и функциональности систем тренажеров, институт проводит несколько направлений модернизации:

1. Повышение разрешающей способности камер и количества элементов разрешения устройств отображения видеoinформации переходом в будущем на формат 4К.

2. Увеличение присутствия в системе каналов передачи стандарта 12G-SDI с возможностью передачи несжатого изображения 4К с кадровой частотой до 60 к/с. Передача осуществляется на скоростях до 12 Гб/с на частотах до 12 ГГц, что требует стабильного импеданса линии передачи в полосе от 4,5 до 12 ГГц.

3. Повышение качества, надежности и удобства программного обеспечения. Необходим перевод всех систем тренажерного комплекса на отечественные операционные системы и ПО.

4. Уменьшение задержек в каналах передачи видеопотока. Поскольку от камеры до устройства отображения видеопоток проходит через множество

блоков коммутации и обработки, необходимо следить за допустимым уровнем задержек.

5. Проработка вопросов необходимости использования в некоторых случаях оптоволоконных линий связи. Отдельные типы оптоволоконные кабели имеют крайне чувствительные к механическим воздействиям соединения, что отрицательно сказывается на оперативности выполнения обслуживания и модернизации системы.

6. Унификация телевизионных блоков.

Таким образом, развитие телевизионных тренажеров идет и будет идти в направлениях увеличения четкости и расширения применения методов итерации, адаптации и интеллектуализации телевизионных систем.

Литература

[1] Умбиталиев А.А., Цыцулин А.К., Пятков В.В. и др. Теория и практика космического телевидения; под ред. А.А. Умбиталиева, А.К. Цыцулина – СПб: АО «НИИ телевидения», 2017. – 368 с.

[2] Шаталов В.А. Трудные дороги космоса. – М.: Молодая гвардия, 1978. – С. 109–134.

ПОРТАТИВНЫЙ ТУАЛЕТ ДЛЯ ЖЕНЩИН КАК СРЕДСТВО ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ И БЕЗОПОРНОСТИ

Лебедева С.А.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

В 2020 году в эксперименте в условиях «сухой» иммерсии впервые приняли участие женщины-добровольцы [1]. До этого, с 1970-х годов, во всем мире аналогичные эксперименты проводились исключительно с участием мужчин. Провести значимый для космической медицины эксперимент удалось, решив существовавшую до этого проблему жизнеобеспечения – отведения мочи у женщин в специфических условиях «сухой» иммерсии.

Для обеспечения бытовых нужд ими применялось портативное устройство для механического отведения мочи [2]. Оно позволяет отводить мочу под разными углами, не требует изменения положения тела и снятия одежды.

С 2020 по 2022 год в ГНЦ РФ – ИМБП РАН было проведено два эксперимента на стенде «сухой» иммерсии с участием женщин-обследуемых: 3-суточный и 5-суточный. Устройства для отведения мочи тестировали более 30 человек, а 22 женщины использовали его на протяжении 98 дней. Применяемый способ сбора мочи позволил исследователям произвести учет объема

и дальнейший клинический анализ биологического материала *in vitro*. Микробиологические исследования показали безопасность применения представленной технологии.

После прохождения эксперимента обследуемые заполняли анкеты и проходили полу-структурированное интервью. Учетная обратная связь от обследуемых позволила провести ряд модификаций мочеотводящей воронки, узла крепления трубок к устройству и электронных компонентов аппаратной части.

Проведенная модификация устройства положительно сказалась на скорости обучения обследуемых использованию туалета (с ~70 до ~30 мин), психологическом комфорте, а также уменьшило время применения и снизило потери собираемого объема мочи [3].

Тем не менее, объективными остаются факторы психологического дискомфорта при мочеиспускании в состоянии безопорности и положении лежа у ряда обследуемых (трудность/невозможность расслабить внешний сфинктер уретры при наполненности мочевого пузыря – чаще всего данные ощущения начинаются в середине 1 суток и проходят к 2–3 суткам пребывания в условиях «сухой» иммерсии).

Конструкция устройства позволяет применять его не только в условиях ванн «сухой» иммерсии, но и использовать как многоразовый переносной компактный туалет в других экстремальных условиях: при нахождении в замкнутом пространстве (сурдокамера, барокомплекс) или при ограниченной возможности движения (при положении лежа или сидя на поверхности, когда нельзя покидать ложемент). Данное устройство может найти свое применение в области пилотируемых космических полетов, а также применяться пациентками медицинских клиник и центров.

Литература

[1] Tomilovskaya E, Amirova L, Nosikova I, Rukavishnikov I, Chernogorov R, Lebedeva S, Saveko A, Ermakov I, Ponomarev I, Zelenskaya I, Shigueva T, Shishkin N, Kitov V, Riabova A, Brykov V, Abu Sheli N, Vassilieva G and Orlov O (2021) The First Female Dry Immersion (NAIAD-2020): Design and Specifics of a 3-Day Study. *Front. Physiol.*, June 2021, volume 12, p. 284.

[2] Лебедева С.А. Полезная модель RU 197838 U9 «Универсальное портативное устройство для механического отведения мочи у женщин» // Ссылка на электронный ресурс: <https://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWU1/000/000/000/197/838/%D0%9F%D0%9C-00197838-00001/document.pdf>.

[3] Лебедева С.А. Полезная модель RU 213 978 U1 «Портативное устройство для механического отведения мочи у женщин с листовидной мочеотводящей воронкой» // Ссылка на электронный ресурс: <https://new.fips.ru/ofpstorage/Doc/IZPM/RUNWU1/000/000/000/213/978/%D0%9F%D0%9C-00213978-00001/document.pdf>.

**ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ
ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА РС МКС
ПРИ СОЗДАНИИ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ
ПО ПРОГРАММЕ РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ**

**Батраков В.В., Игнатьев С.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

При разработке материалов эскизного проекта создания комплексных тренажеров (КТ) по программе Российской орбитальной станции (РОС) был использован современный метод т. наз. «трансфера технологий» (ТТ), в том числе – в части разработки систем отображения информации (СОИ), входящих в состав тренажеров. При этом имеется в виду наиболее отработанный вид ТТ – повторное использование существующих и внедрение перспективных отечественных разработок.

В рамках применения ТТ, которые были успешно использованы при создании тренажеров для РС МКС, при создании КТ РОС предпочтение предлагается отдать варианту построения не совокупности взаимосвязанных автономных тренажеров, а варианту тренажерного комплекса (ТК). Построение ТК базируется на принципе коллективного использования в составе каждого тренажера одних и тех же тренажерных функциональных систем (ФС), созданных в единственном экземпляре по определенным правилам.

Если условно считать ФС «инфраструктурой» ТК РОС, в ее составе должны быть созданы такие системы, как:

- Вычислительная система (ВС).
- Пульт контроля и управления (ПКУ).
- Система связи (СС).
- Система беспроводной связи поддержки тренировки (СБСПТ).
- Система компьютерной генерации изображений (СКГИ).
- Телевизионная система (ТВС).
- Система обеспечения регистрации и информационной поддержки (СОРИП).
- Система медицинского контроля (СМК).
- Система кондиционирования (СК).
- Система электропитания (СЭП).
- Система моделирования пожарной обстановки (СМПО).

Системы, которые являются специфическими для каждого тренажера, в том числе – РМО, УСО, модели БВС, а также СОИ, которые включают интерфейс с форматами, выведенными операторам в РМО, на ПКУ, а также на ПУ ФС. На рис. 1 изображена предлагаемая структурная схема ТК РОС [1].

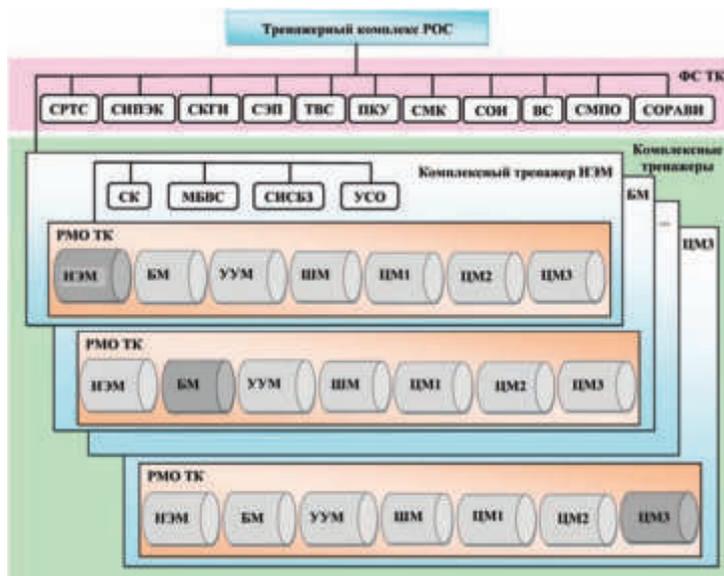


Рис. 1. Структурная схема ТК РОС

После создания инфраструктуры и определения состава ТК особое внимание уделяется информационным системам, в частности – средствам отображения информации КТ модулей РОС и их ФС (рис. 2).

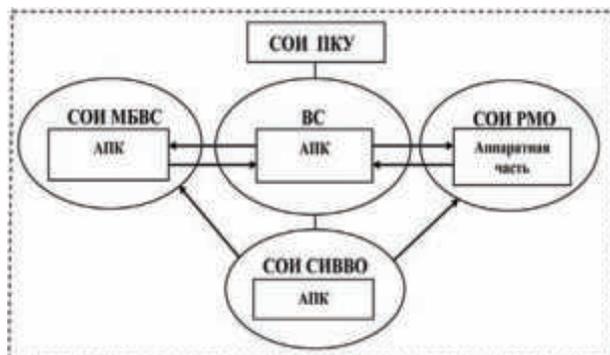


Рис. 2. Упрощенная структурная схема СОИ КТ РОС

Проанализировав существующие теоретические принципы построения СОИ в сложных автоматизированных системах управления (АСУ) и опираясь на опыт создания СОИ ТК российского сегмента МКС и ОК «Мир», следует отметить: очень важно расширять ТТ, научно-техническое и инновационное сотрудничество, основные задачи которого состоят в использовании зарубежного опыта и передаче отечественных разработок, «ноу-хау», информации

и других материальных и нематериальных активов с целью достижения требуемого результата.

Применение ТТ при проектировании и построении ТК РОС обосновывает возможность и целесообразность создания его КТ и ФС, придерживаясь современных теоретических принципов построения и опыта разработки и модернизации ТКРС МКС и ОК «Мир», где трансфер технологий выполняет функцию транзита инновационного ресурса и выступает в качестве связующего звена в инновационной деятельности, обеспечивая ее эффективность [2].

Литература

[1] Принципы построения систем отображения информации тренажеров модулей орбитального комплекса РОС / В.В. Батраков, А.И. Крылов, В.И. Брагин, Д.В. Курбатов, Б.Н. Нефедов // Пилотируемые полеты в космос. – 2023, № 2(47). – С. 57–73.

[2] Васюченко Л.П. Трансфер технологий как экономический ресурс // Экономическая наука сегодня. – 2015, № 3. – С. 15–22.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИСТРАЦИИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ТРЕНАЖЕРОВ ПО ПРОГРАММЕ РОС

Хрипунов В.П., Брагин В.И., Дедов С.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Шадрин М.Ю.
(ФГБУН Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск)

Системы регистрации видеоизображений начали применяться в космических тренажерах давно, с момента появления видеоматричных камер. В настоящее время, в эпоху цифрового телевидения, разработаны и внедрены системы обработки изображения и регистрации аудио- и видеоизображений, например: система обработки и регистрации аудиовизуальной информации «СОРАВИ-Дон», регистратор аудиовизуальных сигналов для телевизионной аппаратуры комплексного тренажера «ТДК-7СТ4», система обработки и отображения визуальной информации «Мозаика» КТ РС МКС.

Данные системы позволяют одновременно осуществлять прием, отображение и запись многоканальной аудиовизуальной информации, поступающей от видеокамер, формирователей изображений и систем связи тренажеров, а также просмотр записи как во время тренировки, так и после ее завершения. Имеется возможность хранения архива записей тренировок и формирования видеотчета из записанных материалов с комбинированием нескольких изображений в одном кадре.

Все системы регистрации объединяют такие черты, как унифицированность пользовательского интерфейса, модульность и масштабируемость. Добавление дополнительных каналов и повышение качества записи возможны за счет замены и добавления плат видеозахвата, а также применения реализованной в программном обеспечении возможности приема и записи цифровых видеопотоков с IP-источников (видеокамер, кодировщиков и т. д.). В результате модернизации некоторых из установленных систем данные возможности были реализованы на практике. Все системы записывают видео с разрешением до 1920 x 1080 (Full HD), 50 кадров в секунду.

Потенциал развития – фундамент для дальнейшего построения систем регистрации для будущих тренажеров. Необходимость развития связана с разработкой тренажерного комплекса РОС. Усложнение систем будущей станции повышает требования и к системам регистрации для тренажеров. Например, разрешение записываемого видео может быть повышено до Ultra HD (4K) – как с видеокамер, так и систем визуализации и формирования изображений.

Дальнейшее развитие лежит в плоскости внедрения элементов искусственного интеллекта и автоматизации анализа регистрируемых данных. Например, для облегчения поиска фрагментов в записях тренировок могут быть добавлены элементы детектирования звука и визуальных образов. Анализ звука позволит автоматически обнаруживать моменты начала и окончания переговоров между экипажем и инструкторами, а в перспективе – расшифровывать переговоры в текстовый вид. Системы анализа изображения и распознавания образов позволяют обнаруживать этапы проведения тренировок по движениям в кадре, а также автоматически контролировать правильность выполнения действий космонавтами в тренажерах.

Некоторые из уже установленных систем регистрации, помимо аудиовизуальной информации, принимают по локальной сети бортовые команды от вычислительной системы тренажера и записывают их синхронно с видеорядом. Также, они позволяют автоматически создавать метки в видеозаписи по обнаружению в бортовых командах заданных оператором ключевых слов. В будущих системах регистрации можно реализовать получение и запись информации от других систем – например, медицинских. Информацию, получаемую в процессе тренировок со всех тренажеров, можно сохранять в единой базе данных для централизованного хранения, поиска и анализа.

Применение данных подходов при создании системы обеспечения регистрации и информационной поддержки тренажеров по программе РОС позволит снизить информационную нагрузку на технический и методический персонал тренажеров, уменьшить время принятия решений, увеличить объективность оценки действий космонавтов и экипажей.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ВС КТРС МКС В ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ РОС

Ручкин И.В., Курбатов Д.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В соответствии с планами Госкорпорации «Роскосмос» в настоящее время идет создание Российской орбитальной станции (РОС). Реализация планов по созданию РОС обеспечит непрерывность пилотируемых космических программ России на низкой околоземной орбите, в том числе в случае завершения эксплуатации Международной космической станции (МКС). В настоящее время рассматривается срок запуска первого модуля РОС в 2027 году, а в 2028 году запланирован первый пилотируемый старт к новой станции. Обозначенные сроки требуют создания средств подготовки космонавтов (СПК) для РОС в ближайшее время.

В качестве одного из основных средств подготовки космонавтов предполагается использовать создаваемый тренажерный комплекс (ТК) модулей РОС.

В докладе отмечено, что одной из систем коллективного пользования ТК модулей РОС будет являться вычислительная система (ВС).

При создании ВС ТК РОС могут быть предложены следующие возможные варианты.

1. Разработка абсолютно новой ВС на новых принципах и технических решениях.

2. Использование аппаратных средств, общего и частично специального программного обеспечения (ПО) существующей ВС комплекса тренажеров РС МКС (ВС КТРС МКС).

3. Создание аналога ВС КТРС МКС с учетом технических особенностей РОС и современного уровня вычислительных средств.

Проведенный анализ показывает, что разработка абсолютно новой ВС с заменой традиционно используемых принципов построения систем и апробированного программного обеспечения могут повлечь за собой непредсказуемые трудозатраты и объемы финансирования в условиях ограниченных сроков создания новых ТСПК. Кроме того, возможно снижение уровня функциональных возможностей и качества систем. Учитывая успешное применение технических и программных решений на эксплуатируемых тренажерах российского сегмента МКС, предпочтительными представляются 2 и 3 варианты создания ВС ТК РОС.

В докладе подробно рассмотрена существующая ВС КТРС МКС, проанализированы ее архитектура, технические средства, общее математическое обеспечение и система моделирования объекта, построенные на основе

тренажерно-ориентированной оболочки (ТРИО). Отмечено, что данная система обладает такими важными характеристиками, как открытость и модульность, использованы стандартные программно-аппаратные средства. Проведенная оценка эксплуатационных характеристик ВС КТРС показывает, что надежность и ремонтпригодность данной системы находится на высоком уровне и при этом имеется значительный резерв вычислительных мощностей.

ВС КТРС создана как система, обладающая достаточно полным набором программных и аппаратных средств, обеспечивающим возможность проведения необходимых доработок специального программного обеспечения. Учитывая это, ВС КТРС можно использовать не только как средство моделирования, но и как инструмент модернизации и разработки вычислительных систем новых тренажеров.

Проведенный анализ показывает возможность построения ТК РОС на базе существующей ВС КТРС. На начальном этапе развертывания первых тренажеров модулей РОС допустимо использование аппаратной части ВС КТРС без ущерба для тренировочного процесса по программе МКС. Нарастание РОС после 2030 года, а также развитие вычислительных технологий определяют дальнейшие пути модернизации аппаратных средств, покажут основные направления модернизации специального и прикладного программного обеспечения.

Основные преимущества использования технологий и аппаратно-программных средств ВС КТРС при создании ВС ТК РОС:

- применение имеющегося технического задела;
- сокращение сроков создания ВС ТК РОС;
- положительный экономический эффект при применении имеющихся аппаратных и программных средств;
- использование имеющейся инфраструктуры для размещения нового оборудования;
- наличие подготовленного обслуживающего персонала с опытом эксплуатации и создания ВС КТРС.

К ВОПРОСУ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХРАНЕНИЯ ДОКУМЕНТОВ И ДАННЫХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТСПК И ОБРАБОТКИ ЭТОЙ ИНФОРМАЦИИ

Жохов А.И.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Технические средства подготовки космонавтов (ТСПК) в процессе своего жизненного цикла сопровождают различного вида документы и данные, такие как: материалы по средствам подготовки космонавтов в эскизном проекте

на космический комплекс; ТТЗ (ТЗ) на создание ТСПК; проектные документы, рабочая конструкторская, включая эксплуатационную, документация; эксплуатационные документы, разрабатываемые (ведущиеся) эксплуатантом; документы на проведение испытаний и проверок; технические решения о необходимости проведения доработок и модернизации ТСПК; договорные документы; послеполетные отчеты космонавтов и др.

Эти документы содержат данные, характеризующие техническое состояние ТСПК, его качество, в т. ч. удовлетворенность пользователей (инструкторов, космонавтов – обратная связь), соответствие штатному изделию, данные об использовании ТСПК для подготовки космонавтов, а также данные, обосновывающие необходимость пополнения ЗИП и модернизации. Данные в документах в большинстве – «распылены» по файлам, не оцифрованы и не приспособлены к автоматизированному поиску, систематизации, обработке.

Хранятся документы и данные в различных подразделениях (системах): контрактная служба, организационно-плановое управление, бухгалтерия (1С), служба качества, научно-техническая библиотека, головные подразделения (включая локальные информационные системы подразделений). Такое хранение затрудняет доступ к документам, не гарантирует их сохранность (возможны утеря, порча), затрудняет подготовку обобщенных данных и их анализ.

Рассмотрены потребности и потенциальные преимущества централизованного хранения и обработки документов и данных для различных групп пользователей, проработки службы качества по проекту «Технический паспорт ТСПК», электронная карта процесса на основе использования программного обеспечения (ПО) MS Excel, перспектива создания заказной информационной системы на основе ПО Лоцман фирмы Аскон.

Отмечены недостатки использования накопления данных в эксель-файлах: трудность автоматизированной обработки данных из многих файлов. Положительным в проделанной работе можно считать то, что данные в файлах в значительной мере структурированы, что облегчает автоматизированный экспорт данных из таблиц MS Excel в таблицы реляционной базы данных.

Недостатками заказной информационной системы для хранения документов и данных ТСПК на платформе Лоцман (модули Лоцман: PLM Архив и Лоцман: КБ 22) являются:

- модули платформы ориентированы на автоматизацию работы архивариуса конструкторской документации и обеспечение работы конструкторского бюро;
- кроме закупки готового ПО потребуется дополнительная разработка и его сопровождение разработчиком;
- проблематично получить экономический эффект от затрачиваемых средств.

Альтернативой заказной разработки информационной системы может стать ее разработка и сопровождение собственными силами с использованием бесплатного ПО с открытым исходным кодом.

Рассмотрен опыт использования данного подхода в тренажерном управлении ЦПК при создании и использовании 3-х информационных систем.

**РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТРЕНАЖЕРА ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ
К РЕАЛИЗАЦИИ НАПЛАНЕТНЫХ МИССИЙ**

**Юрченко Е.С., Васильев В.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Поскольку освоение Луны предполагает решение таких задач как – добыча лунных ресурсов, в первую очередь, редкоземельных металлов, связанных с металлическими метеоритами, которые сталкивались с Луной в ходе ее эволюции, добыча водяного льда и получения из него воды, H_2 и O_2 , разработка и использование полезных ископаемых для изготовления (получения) строительных материалов, освоение новых технологий в интересах выработки энергии [1, 3, 4], то чтобы перейти к практическому использованию природных ресурсов Луны, необходимо научиться выполнять задачи на поверхности Луны. А в начальной стадии освоения Луны необходимо выполнить геологическую разведку с вытекающим из этого – картирование мест нахождения полезных ископаемых.

Исходя из выше изложенного, для обучения космонавтов целесообразно применить следующие подходы:

1. Теоретическое изучение приборов геодезии адаптированных к работе на Луне с практической отработкой навыков их эксплуатации в лабораторных условиях.
2. Изучение ГИС-технологий и практические занятия по корректировке топографической основы измеренными учебными данными.
3. Практическое обучение применению геодезических приборов в условиях наземных полигонов.
4. Практическое обучение в условиях виртуального информационного пространства (ВИП) с использованием цифровой визуальной модели (ЦВМ) полигона посадки и применением имитаторов геодезических приборов.

Для организации подготовки космонавтов в части задач п.п. 1, 2, и 3 целесообразно использовать имеющийся опыт подготовки студентов и специа-

листов геологических специальностей, проведения практических поисковых работ на полигонах геологического факультета Московского государственного университета (МГУ), Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН) и других учебных заведений и институтов РАН.

А практическое обучение в условиях ВИП с использованием ЦВМ полигона посадки и применением имитаторов геодезических приборов выполнять с применением тренажеров виртуальной реальности (VR).

Тренажер VR должен обеспечивать подготовку космонавтов к выполнению полетных операций в процессе: ориентирования на поверхности Луны, выполнения геологической разведки, картирования местности.

Имеющийся в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» опыт создания и применения ТСПК ориентирован на обеспечение подготовки космонавтов к выполнению задач в условиях орбитального полета при учете воздействия невесомости. Обеспечение подготовки космонавтов к выполнению задач на поверхности Луны отличается по специфике задач, связанных с картированием полигона посадки, геологической разведкой, разворачиванием регистрирующей научной аппаратуры и т. д., во вторых по физическим условиям, связанных с наличием гравитации в 6 раз меньшей чем на Земле, низким углом Солнца над горизонтом поскольку полигон выбран в районе южного полюса, что будет мешать ориентированию, отсутствие атмосферы исключает рассеивание светового потока, что создает резкие тени.

Для подготовки космонавтов может быть предложено два варианта построения тренажера с применением технологий виртуальной реальности:

1. Отображение ВИП экранной системой отображения посредством проецирования изображения проекторами на отражающий экран.
2. Отображение ВИП через мониторы очков VR.

В докладе анализируются технические возможности формирования адекватных человеческому зрению ВИП с применением очков VR и проекционного экрана.

В рассматриваемом в докладе варианте построения тренажера предлагается базироваться на сочетании отображаемого ВИП на проекционном экране, использовании всенаправленной дорожки виртуальной реальности, имитаторов геодезических приборов измерения, штатного планшетного ПК с установленной ГИС-системой и опорной картой полигона посадки.

Наиболее сложной задачей является формирование 3D-модели ВИП.

Топографический анализ лунной поверхности, проведенный в работе [2], показывает, что при создании 3D-модели ВИП для тренажера необходимо учитывать:

микрорельеф лунной поверхности в месте посадки;
положения Солнца и Земли во времени над горизонтом в заданной точке полигона;
размеры теней при разных азимуте и угле Солнца;
видимость рельефа из текущей точки нахождения оператора.

Литература

[1] Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий/ Б.И. Крючков, В.М. Усов, В.И. Ярополов, Ю.Б. Сосюрка, С.С. Троицкий, П.П. Долгов // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 2(19). – С. 35–57.

[2] Карачевцева П., Коханов А.А., Конопихин А.А. и др., Картографогеодезические методы для характеристики посадочных площадок будущих российских миссий ЛУНАГЛОБ И ЛУНАРЕСУРС // Астрономический вестник, 2015. – Т. 49. – № 2. – С. 100–116.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТРЕНАЖЕРА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ РОС

**Захарченко Я.С., Васенин С.А., Курбатов Д.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В апреле 2023 года Президентом РФ были одобрены предложения ГК «Роскосмос» по созданию Российской орбитальной станции (РОС). Перед Центром поставлена задача по разработке и созданию новых средств подготовки космонавтов (СПК). Разрабатываемые технические средства подготовки космонавтов (ТСПК) должны обеспечивать подготовку космонавтов по всем направлениям деятельности на борту новой станции. Одной из систем РОС, ежедневно эксплуатируемой космонавтами на борту, является информационно-управляющая система (ИУС). Для обеспечения подготовки космонавтов необходимо создание специализированного тренажера ИУС РОС.

В докладе рассмотрены основные группы задач подготовки и требования к функциональности тренажера, определены его технические характеристики и состав. Поведен анализ предполагаемого взаимодействия тренажера ИУС РОС с другими ТСПК. Определены возможные пути создания и модернизации тренажера ИУС РОС.

В общем случае, тренажер должен объединять в себе систему моделирования объекта и систему обучения [1]. Опыт эксплуатации тренажера ИУС МКС показывает, что для моделирования бортовой ИУС наилучшим решением является применение точных аналогов бортового оборудования и программного обеспечения. Это позволяет имитировать работу системы с максимальной

адекватностью, модернизировать тренажер в соответствии с изменениями на штатном изделии, а также обеспечивать взаимодействие тренажера с моделями других систем, используя бортовые алгоритмы и интерфейсы. В качестве системы обучения и контроля действий оператора в тренажере ИУС РОС будет использована система управления тренировкой (СУТ), которая обеспечит подготовку космонавтов как в автономном режиме, так и в составе тренажерного комплекса модулей РОС (ТК РОС).

Для обеспечения методической полноты тренажера необходимо создание отдельного учебного класса с имитаторами бортового оборудования, стандартными средствами обучения (наглядными пособиями, демонстрационными устройствами и т. п.).

Функциональная полнота тренажера будет достигнута его интеграцией в ТК РОС и сопряжением с моделями других бортовых систем. Кроме того, для проведения комплексной подготовки космонавтов необходимо обеспечить совместную работу тренажера ИУС РОС с системами коллективного пользования ТК РОС (системой связи, телевизионной аппаратурой, пультом контроля и управления).

При создании и последующих модернизациях тренажера ИУС необходимо учитывать планы строительства РОС. На начальном этапе станция будет состоять из 1–2 модулей. Это является основным фактором, определяющим состав имитаторов бортового оборудования при создании тренажера. По мере появления новых модулей тренажер ИУС РОС должен модернизироваться, обеспечивая имитацию работы бортовой конфигурации станции. Кроме того, в ходе модернизаций должны быть учтены изменения штатной ИУС, а также вновь возникающие задачи по работе с научной аппаратурой, медицинским оборудованием и прочей полезной нагрузкой.

Перечисленные особенности оказывают основное влияние на технический облик тренажера ИУС РОС, определяют этапы его создания и требования к последующей модернизации.

Литература

[1] Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунов, В.В. Циблев, С.И. Потоцкий и др. – М.: Машиностроение, 2005. – С. 16–17.

СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА МОДУЛЕЙ РОС

Масалкин А.И.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В составе тренажерного комплекса модулей Российской орбитальной станции (далее – РОС) важнейшую роль играют аппаратно-программные средства, предназначенные для формирования, обработки, передачи и отображения визуальной информации. Под этими средствами в данном случае понимаются: система компьютерной генерации изображений (далее – СКГИ), телевизионная система (далее – ТВС), система обеспечения регистрации и информационной поддержки (далее – СОРИП) и средства отображения информации (далее – СОИ), входящие в состав рабочих мест оператора (далее – РМО) тренажеров тренажерного комплекса модулей РОС.

СКГИ предназначена для формирования видеосигналов, содержащих изображения сюжетов внешней визуальной обстановки (далее – ВВО) во всех предусмотренных для наблюдения средствах РМО тренажеров. ТВС предназначена для генерации, преобразования, распределения и отображения видеосигналов, необходимых для проведения подготовки космонавтов на тренажерах. СОРИП предназначена для приема, обработки, записи и предоставления аудиовизуальной информации (аудио- и видеосигналов) о ходе тренировки экипажа и на этапе анализа ее результатов. СОИ РМО предназначены для обеспечения воспроизведения и передачи в средства наблюдения (иллюминаторы) РМО модулей РОС изображений сюжетов ВВО.

В ЦПК накоплен большой опыт создания и эксплуатации этих систем и средств визуализации информации. Принимая во внимание необходимость интеграции их и других систем тренажерного комплекса, предстоит внимательно изучить этот опыт и проанализировать возможные схемы взаимодействия. Практическое решение этой технической задачи становится возможным на основе применения современных технологий и новейших высокопроизводительных аппаратных средств формирования, обработки, передачи и отображения визуальной информации.

В докладе рассмотрены возможные направления применения этих технологий и предложены технические решения по организации взаимодействия систем тренажерного комплекса в части обмена визуальной информацией. Исследования по совершенствованию структуры тренажерного комплекса и реализация полученных результатов позволит расширить функциональные возможности тренажерного комплекса в части визуализации информации и повысить адекватность моделирования ВВО.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ РОС

Дедов С.В., Брагин В.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Развитие нашего общества обуславливается постоянным усложнением разрабатываемых технических систем и повсеместным их использованием во многих сферах деятельности человека.

Главным условием безошибочного управления сложными техническими комплексами и системами, а также обеспечения их эффективной эксплуатации является специальная высокопрофессиональная подготовка операторов и экипажей.

Несмотря на то, что современные системы проектируются в максимальной степени безопасными и надежными, при их функционировании могут возникать сбои и отказы. Часто причиной этого являются операторские просчеты и ошибки в действиях (неверная оценка состояния системы, запоздалая реакция, растерянность, бездействие). Это объясняется тем, что оператору приходится оценивать большой объем информации, при этом время для принятия решения ограничено.

Для подготовки операторов и технического персонала используют тренажеры. Подготовка на тренажере более эффективна, чем на настоящем объекте, снижает стоимость и время, необходимые для подготовки, экономит ресурс основных изделий, нивелирует риск и отрицательные последствия. На тренажере без риска можно неоднократно смоделировать критические и аварийные ситуации, которые отработать на реальном объекте невозможно [1].

Тренажерные средства могут классифицироваться по признаку наличия или отсутствия каналов имитации различных факторов, воздействующих на органы чувств человека. К основному каналу восприятия человеком относят зрительный. Поэтому на большинстве тренажеров визуальная обстановка воспроизводится в максимально возможном объеме.

Система компьютерной генерации изображений (СКГИ) является основной частью контура моделирования условий деятельности оператора. Она формирует то визуальное изображение, которое оператор наблюдает при управлении настоящим объектом. При этом экипаж осуществляет оценку своего пространственного положения относительно других объектов среды, определяет направление движения, скорость, осуществляет целеуказания в ходе выполнении разных динамических действий. Используя визуальное изображение, операторы выполняют поставленные задачи наблюдения (мониторинга),

выбора и распознавания целей, оценку дальности и расположения отдельных объектов, с которыми они взаимодействуют в процессе выполнения обозначенной задачи.

В ходе выполнения Федеральной космической программы удалось накопить богатый опыт по созданию и использованию технических средств подготовки космонавтов для реализации программ космических полетов на пилотируемых транспортных кораблях и орбитальных станциях.

Опираясь на полученный опыт и проведенный анализ технических требований к модулям перспективной Российской орбитальной станции (РОС) можно сделать вывод о составе и технических характеристиках тренажерного комплекса РОС в целом и СКГИ в частности.

СКГИ тренажерного комплекса должна обеспечивать формирование цифровых видеосигналов, содержащих изображения сюжетов внешней визуальной обстановки во всех предусмотренных для наблюдения средствах тренажеров модулей РОС.

Программно-аппаратные средства СКГИ в составе тренажерного комплекса РОС должны обеспечивать решение следующих основных задач:

- отработку навыков, умений и взаимодействия членов экипажа по управлению бортовыми системами пилотируемых кораблей и РОС и контролю их состояния в автоматических и ручных режимах на всех этапах полета, включая работу в штатных и нештатных полетных ситуациях;
- отработку навыков предупреждения, обнаружения, локализации и парирования нештатных ситуаций;
- подготовку к действиям в аварийных ситуациях;
- подготовку к выполнению программы научных и прикладных исследований, к работе с научной и целевой аппаратурой;
- подготовка к телеоператорному управлению движением беспилотных объектов.

Проектирование СКГИ предусматривает открытую архитектуру, позволяющую с минимальными затратами производить последующие модернизации по мере развертывания РОС и изменения задач полета.

Литература

[1] Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунов, В.В. Циблиев, С.И. Потоцкий и др. Под ред. В.Е. Шукшунова. – М: Машиностроение, 2005.– 384 с.: ил. и цветная вкладка 16 с. ISBN 5-217-03312-6.

ТЕЛЕВИЗИОННАЯ СИСТЕМА КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Брагин В.И., Пекарский А.В., Евстюхин М.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В системе подготовки человека к длительным космическим полетам на борту орбитальной станции важную роль играют комплексные тренажеры отдельных модулей станции, где космонавты отрабатывают операции, связанные с выполнением программы полета. Для моделирования работы отдельных бортовых систем и оборудования, расположенных в модуле применяются функциональные системы индивидуального и коллективного использования. Совокупность комплексных тренажеров модулей орбитальной станции – с одной стороны, а также функциональных систем индивидуального и коллективного использования – с другой стороны, составляют тренажерный комплекс.

Для моделирования работы бортовых телевизионных систем модулей Российской орбитальной станции (далее – РОС) предполагается использование телевизионной системы тренажерного комплекса (далее – ТВС ТК).

Опыт создания в 2016-2021 гг. телевизионных систем для тренажеров транспортного корабля показал, что в дальнейшем, при разработке новых телевизионных систем, следует ориентироваться на применение цифровых видеосигналов высокой четкости с числом активных элементов изображения не менее 1920x1080 с построчной разверткой 50-60 Гц.

В зависимости от наличия особых требований к видеоизображениям, формируемым в приборах и средствах наблюдения конкретных рабочих мест тренажеров ТК РОС, ТВС ТК может строиться с использованием устройств со сжатием исходных сигналов и трансляции их на базе сетей Ethernet (IP – сигналы), с использованием устройств без сжатия исходных сигналов или на использовании комбинации перечисленных устройств.

Учитывая возросшие требования к качеству изображений, формируемых камерами наблюдения за действиями операторов, а также опыт создания новых телевизионных систем для тренажеров транспортного корабля, предлагается создавать новую ТВС ТК на базе преимущественного применения несжатых и некодированных цифровых видеосигналов высокой четкости (формат 3G-SDI: число активных элементов изображения 1920x1080 при построчной развертке и частоте кадров 50 Гц). Предлагаемый формат телевизионных сигналов обеспечивает высококачественное наблюдение за действиями операторов в рабочих местах операторов тренажеров в различных условиях наблюдения.

Для формирования визуальной обстановки в приборах и средствах наблюдения тренажеров также предполагается применять несжатые и не коди-

рованных цифровые видеосигналы в формате 3G-SDI. В случае необходимости, в зависимости от задач, решаемых при помощи конкретных приборов и средств наблюдения, в ТВС ТК будет предусмотрена возможность трансляции цифровых видеосигналов с более высокими параметрами (формат 12G-SDI: число активных элементов изображения 3840x2160 при построчной развертке и частоте кадров 50 или 60 Гц) на средства отображения информации конкретных тренажеров.

В связи с поэтапным вводом в эксплуатацию тренажеров модулей РОС, в рамках создания тренажерного комплекса РОС, ТВС ТК разрабатывается как функциональная система коллективного использования. Позиционирование ТВС ТК как системы коллективного использования обусловлено рядом преимуществ по сравнению с системами индивидуального использования:

- простота наращивания функциональных возможностей ТВС ТК;
- оптимизация количества аппаратных и программных средств;
- экономичность эксплуатации за счет оптимизации персонала обслуживания ТВС ТК;
- сокращение этапов и объемов проектирования ТВС ТК при модернизациях как следствие повторного использования проектных решений и документов.

Выбор реализации ТВС ТК как системы коллективного использования делает ее универсальным элементом ТК РОС, что позволит обеспечить эффективную эксплуатацию тренажерного комплекса в части моделирования работы бортовых телевизионных систем тренажеров модулей РОС, входящих в тренажерный комплекс.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ, МОДЕРНИЗАЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СТЕНДА-ТРЕНАЖЕРА «ТРЕНАЖЕР ВИН»

Юрченко Е.С.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Общий объем экспериментов по направлению «Исследование Земли и космоса», связанных с геофизическими экспериментами и мониторингом Земли с борта российского сегмента Международной космической станции (РС МКС), осуществляемых методами визуально-инструментальных наблюдений (ВИН), составляет более 25 % от всего объема времени затраченного на выполнение программы научно-прикладных исследований и экспериментов на РС МКС.

Процесс ВИН содержит операции поиска, обнаружения, распознавания и регистрации объектов невооруженным глазом и с помощью оптических

средств, расширяющих возможности зрительного анализатора космонавта. Как показывает практика, космонавты испытывают трудности при выполнении задач, связанных с ВИН, особенно в первом космическом полете.

В целях минимизации сроков выработки навыков ориентирования с борта МКС при поиске объектов наблюдения и выполнения ВИН на высоком профессиональном уровне требуется проведение соответствующей предполетной подготовки.

При выполнении ВИН земной поверхности космонавт сталкивается с рядом ограничений, которые вносят особые требования к подготовке и к техническим средствам подготовки.

Исследования Земли из космоса фактически начались с полета Ю.А. Гагарина. В первых полетах задачи подготовки к ВИН не стояло, поскольку летный состав был обучен ориентированию на местности в летных училищах.

Далее наблюдение и съемка Земли выполнялись на всех ПКА. Задачи, которые ставились, требовали определенной подготовки космонавтов по обнаружению и опознаванию явлений и объектов на земной поверхности в атмосфере и космосе. С этой целью создавались информационные ресурсы в виде карт, схем затем космических снимков, полученные со спутников и космонавтами. По мере усложнения задач исследований начали создаваться технические средства подготовки к выполнению ВИН с борта ПКА.

В дальнейшем, с развитием информационных технологий и компьютерных систем появилась возможность создания систем визуализации с высоким разрешением на основе данных космической съемки с применением эффектов (облачность, дымка и т. п.) для создания условий наблюдения близких к реальным, а также с простым интерфейсом управления тренировкой.

В 2013 году на основе этих технологий введен в строй стенд-тренажер «Тренажер ВИН» [1]. Его применение в подготовке позволило расширить обучающие свойства ТСПК и обеспечить в значительной степени подготовку космонавтов на всех этапах по задачам визуально-инструментальных наблюдений Земли с борта РС МКС.

Стенд создавался при непосредственном участии специалистов РКК «Энергии», НИИ «Точные приборы», «Центр Тренажеростроение», «СофтЛаб НСК» и «ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Идеология и технологические решения были отработаны в процессе консультаций со специалистами вышеперечисленных организаций и космонавтами (Г. Падалкой; Ю. Лончаковым; Р. Романенко; М. Тюриным; А. Калери; М. Сураевым; А. Мисуркиным; О. Артемьевым; Е. Тарелкиным) и выполнения НИР «Восход Н» «Разработка исходных данных и ТЗ на создание Стенда-тренажера ВИН».

Тренажер состоит из трех рабочих зон: зона подготовки тренировки, зона группового обучения и зона индивидуальной подготовки космонавта. На всех рабочих местах доступны все информационные ресурсы тренажера.

По результатам текущей модернизации Тренажера ВИН на РМОЗ, зоны индивидуальной подготовки, будет обеспечена возможность использовать в подготовке космонавтов научную аппаратуру типа: Видеоспектральной системы; «Сова»; «Гиперспектрометр»; «СКПФ-У» и др.

Имитация внешней визуальной обстановки реализована на основе цветосинтезированного мозаичного покрытия спутниковыми данными поверхности Земли с дальнейшим преобразованием этого покрытия в проекцию Меркатора на эллипсоиде WGS-84, что обеспечило имитацию искажений наблюдаемой поверхности Земли с борта РС МКС. За основу взято покрытие Геопортала Роскосмоса.

Такая технология создания визуализации обеспечивает: верификацию изображения до слоя с разрешением 15 метров на пиксель, с возможностью увеличения разрешения, путем вклейки новых слоев высокого разрешения; возможность создания гибридного изображения; возможность наложения координатной сетки и вшивку новых изображений в фотокарту земной поверхности; возможность наложения визуальных эффектов (дымка, пожары, облачность и др.).

На «Тренажере ВИН» на сегодняшний день проведено более 5700 часов занятий. Результатом применения «Тренажера ВИН» стало приобретение космонавтами необходимой теоретической базы и получение достаточных практических умений и навыков для выполнения задач, связанных с ВИН, что привело к значительному уменьшению времени на адаптацию в начале полета и повышению эффективности и качества целевых работ на борту РС МКС, выполняемых с применением методов ВИН [2]. Результаты полетов экипажей экспедиций МКС с 63 по 68 подтвердили эффективность подготовки на стенде «Тренажере ВИН» и показали, что сроки выработки навыков ориентирования и выполнения задач ВИН в полете заметно сократились до 1–3 недель вместо среднестатистических двух месяцев.

Литература

[1] Васильев В.И. Васильева Н.В., Фокин В.Е. и др. Применение современных информационных технологий при подготовке космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений земной поверхности с борта РС МКС // Пилотируемые полеты в космос. – 2015. – № 3(16). – С. 83–91. – ISSN 2226-7298.

[2] Innovative solutions for designing a training simulator for visual instrumental observations from the ISS. Kuristyn A.A., Vlasov P.N., Vasiliev V.I., Fokin V.E., Kharlamov M.M., Kutnik I.V., Chub N.A., Vasilieva N.V. IAF HUMAN SPACEFLIGHT SYMPOSIUM (B3) Flight & Ground Operations of HSF Systems – Joint Session of the IAF Human Spaceflight and IAF Space Operations Symposia), IAC-20, B3,4-B6.4,6,x58610.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА РОС

Хрипунов В.П.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В разработанных Центром подготовки космонавтов материалах эскизного проекта на средства подготовки космонавтов (СПК) Российской орбитальной станции (РОС) содержится ряд перспективных предложений, позволяющих, существенно расширить функциональные возможности создаваемых тренажеров. В данных предложениях аккумулируется многолетний опыт практического применения космических тренажеров пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций, а также инновационные разработки в области информационных и вычислительных систем.

Так, представленная в материалах эскизного проекта структура тренажерного комплекса (ТК) РОС предусматривает наличие «Системы обеспечения регистрации и информационной поддержки». Эта система представляет собой аппаратно-программный комплекс реального времени для обеспечения фиксации аудио- и видеоинформации и автоматизации интеллектуальных операторских функций.

Особенностью этой системы является объединение функций приема, обработки, регистрации и предоставления информационных потоков в процессе тренировок космонавтов, а также информационного обеспечения операторов тренажерного комплекса РОС.

Система обеспечения регистрации и информационной поддержки в составе ТК РОС предполагает использование следующих основных принципов:

1. Объектно-ориентированная организация информационной модели.

Обеспечивает возможность инвариантности системы к изменениям в программном обеспечении.

2. Расширяемость архитектуры.

Данный принцип предполагает максимальное использование при разработке открытых систем обработки данных, как для программных, так и для аппаратных средств.

3. Стандартизация (унификация).

Данный принцип требует отказа от использования в составе системы уникальных разработок технических и программных средств и максимального использования стандартных аппаратно-программных средств.

4. Адаптивность (устойчивость).

Возможность доработки системы или ее отдельных составляющих без приостановки эксплуатации других систем ТК.

5. Совместимость и связанность компонентов ТК.

Предусматривает аппаратную, программную и информационную совместимость всех составляющих элементов системы с элементами ТК, связь вычислительных средств информационными сетями, обеспечивающими взаимный обмен информацией в необходимом объеме и с требуемыми временными характеристиками между собой.

При разработке системы обеспечения регистрации и информационной поддержки ТК РОС предполагается использование принципов декомпозиции задач и нисходящего проектирования, объектно-ориентированного анализа, создание структурных и поведенческих моделей системы на основе унифицированного языка программирования и методологии создания мультиагентных систем.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОМПЛЕКСНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Бекин А.Б., Сухенко Н.А.
(ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск)
Хрипунов В.П., Блинов О.В., Путилин Д.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В рамках создания комплексного тренажера пилотируемого транспортного корабля (ПТК), для совершенствования профессиональных качеств космонавтов и формирования у них необходимых навыков, требуется решать задачи программно-математического моделирования внешней среды, движения ПТК и кооперируемых объектов, работы бортовых систем ПТК в штатных и нештатных ситуациях.

Существует множество математических моделей, которые используются для тренировки экипажей к полетам. Некоторые из них включают в себя: моделирование полета, моделирование системы управления полетом, моделирование процесса принятия решений, моделирование командной работы.

Все эти модели являются необходимыми для тренировки экипажей к полетам и позволяют повышать уровень навыков.

В общем, процесс для решения задач программно-математического моделирования сложного объекта необходимо выполнить следующие шаги [1]:

1) Определить цель моделирования: для чего будет использоваться модель, какие вопросы она должна ответить и какие результаты ожидаются.

2) Собрать данные: данные об объекте, который будет моделироваться, например, данные о геометрии объекта, его физических свойствах, материалах, из которых он состоит, а также о его функциональных характеристиках.

3) Выбрать подход к моделированию: определить подход к моделированию, который наилучшим образом соответствует цели моделирования и доступным данным. Это может быть аналитический подход, численный подход или комбинация обоих.

4) Создать математическую модель на основе собранных данных и выбранного подхода к моделированию, которая описывает поведение объекта в рамках выбранного подхода.

5) Проверить и отладить модель: после создания модели необходимо проверить ее на соответствие цели моделирования и наличие ошибок.

6) Использовать модель: после проверки и отладки модель можно использовать для анализа поведения объекта в различных условиях, для оптимизации его работы или для принятия решений на основе результатов моделирования.

Математические модели должны обеспечивать функционирование в реальном масштабе времени, с учетом изменяющейся длины такта модельного времени, с возможностью организации «скачков» времени (изменении текущего модельного времени) и при этом обрабатывать и воспроизводить большое количество параметров. Такие модели строятся с использованием методов аналитического или имитационного моделирования [2].

Аналитические модели являются эффективным средством для определения характеристик различного рода систем. В качестве одного из достоинств аналитического моделирования: высокая точность результатов, при описании системы с помощью уравнений. Однако аналитическое моделирование может быть ограничено сложностью системы и ее структурой и может быть затруднительно из-за их большой размерности. Поэтому применение аналитических методов моделирования должно быть ограничено в целях исключения «перегрузки» такта моделирования: случая, когда некоторая модель систематически не укладывается в выделенный ей дискретный период, что приводит к деградации всего вычислительного процесса.

Имитационное моделирование позволяет имитировать поведение системы во времени, а также управлять масштабом времени. Достоинством является возможность управлять временем в модели: замедлять в случае с быстропротекающими процессами и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. В имитационных моделях достаточно просто учитывается наличие дискретных и непрерывных параметров системы, нелинейные характеристики, случайные воздействия и другие факторы. Имитационное моделирование использует компьютерные модели для описания поведения системы,

является более гибким, чем аналитическое, и может быть применено для моделирования систем с любой степенью сложности. Однако имитационное моделирование может быть более затратным, чем аналитическое, так как требует большого количества вычислительных ресурсов. Такие модели позволяют имитировать поведение объектов, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны.

Такой подход является одним из самых эффективных и доступных методов для получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования и может применяться, в том числе при создании КТ РОС.

Литература

[1] Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие / С.В. Звонарев. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 112 с.

[2] Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры: монография / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – 2-е изд. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с. – ISBN 5-9221-0120-X.

СЕКЦИЯ 5

**ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРИФУГ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ**

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ И ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Долгов П.П., Киршанов В.Н., Алтунин А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Космонавтика является динамически развивающейся отраслью науки, промышленности, экономики. В настоящее время создается научно-технический задел для решения перспективных задач в ближнем космосе и при осуществлении космических полетов к другим планетам. Основными направлениями развития отечественной пилотируемой космонавтики являются реализация программы МКС, создание новой орбитальной станции РОС, проведение исследования Луны, создание космической техники для осуществления пилотируемых полетов к Луне [1].

Развитие космической техники приводит к появлению новых задач, к решению которых необходимо готовить космонавтов в наземных условиях. Часть этих задач может быть решена при помощи центрифуг. А с другой стороны центрифуги как сложные технические системы, требуют постоянного развития и совершенствования.

Основные задачи применения центрифуг.

1. Подготовка космонавтов по программе МКС на центрифугах в настоящее время является основной задачей. В рамках подготовки проводится подготовка космонавтов по ручному управляемому спуску, ознакомительно-тренировочные вращения на ЦФ по графику выведения на орбиту ПКА и по графикам спуска с орбиты, медицинские исследования с разными графиками перегрузок; медицинская экспертиза кандидатов в космонавты и космонавтов в условиях воздействия перегрузок.

2. Задача совершенствования системы эксплуатации остается актуальной в процессе всего жизненного цикла центрифуг и динамических тренажеров на их базе. В первую очередь это связано с периодически проводимой модернизацией и обновлением оборудования и систем, а так же с накоплением практического опыта специалистами, обеспечивающими эксплуатацию основного и вспомогательного оборудования ЦФ.

3. Послеполетные экспериментальные исследования на тренажерах ТС-18 и ТС-7 [2]. Основной задачей в этом направлении, имеющей научное и практическое значение, является сравнение результатов тренировок экипажей МКС по режиму РУС, полученных на экзаменационных тренировках, бортовых тренировках и в послеполетных экспериментальных исследованиях, выявление различий и факторов, которые приводят к этим различиям [3].

4. В программу послеполетных экспериментов введен новый вид деятельности, который космонавты будут выполнять после завершения полета, это управление движением имитатора планетохода [1]. Целью экспериментов является получение статистических данных о параметрах выполнения космонавтами полетных операций на Земле после завершения космического полета для прогнозирования возможности выполнения космонавтами различных видов операторской деятельности в условиях тяготения этих планет после длительного воздействия невесомости.

5. Актуальными остаются работы по последовательной имитации основных этапов космического полета – старта, орбитального полета, спуска с орбиты. Основное целевое предназначение «сквозного моделирования» – ознакомление кандидатов в космонавты с условиями, возникающими при полете космического корабля. Разработана технология моделирования этапов полета на центрифуге ЦФ-18.

6. Актуальной научно-технической задачей является определение возможностей имитации на центрифугах физиологических эффектов пониженной гравитации, действующей на других планетах. В данном направлении успешно работают специалисты Самарского университета, которыми разработан методический аппарат исследований отклика организма человека на пониженный уровень гравитации (Луна, Марс), моделируемой центрифугой короткого радиуса [4, 5]. Развитие и совершенствование предложенных методов является актуальной задачей.

7. Совместно с МГУ имени М.В. Ломоносова проводятся работы во время практики студентов, в рамках Молодежного проекта ЦПК–МГУ, по «Программе экспериментальных исследований по реализации различных режимов космического полета на центрифуге ЦФ-18». Получены результаты, имеющие взаимный интерес, в том числе и по перспективным программам полетов человека в дальний космос.

8. Работы по перспективной «лунной» программе направлены на создание научно-технического задела для подготовки космонавтов, на создание алгоритмов имитации на центрифугах основных динамических этапов лунной экспедиции, таких как сход с орбиты и посадка на Луну лунного модуля, старт с Луны и выход на лунную орбиту лунного модуля, вход космического корабля в атмосферу Земли при реализации различных схем гашения скорости.

9. Перспективной задачей, которая в настоящее время отрабатывается на центрифуге, является управление луноходом (ровером) в динамике с имитацией перегрузок при движении ровера по поверхности Луны [6]. Для проведения экспериментальных исследований отрабатываются вопросы управления движением центрифуги, размещения требуемого оборудования в кабине. Разработаны

предложения по применению на луноходе систем виртуальной реальности для моделирования окружающей обстановки в целях имитации обстановки во время выполнения лунной миссии.

Рассмотренные задачи будут решены совместными усилиями заинтересованных организаций.

Литература

[1] Долгов, П.П. Направления исследований и задачи подготовки космонавтов на центрифугах в интересах перспективных космических программ / П.П. Долгов, В.Н. Киршанов, И.Н. Гаврик // Пилотируемые полеты в космос: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 13–15 ноября 2019 года. – Звездный городок: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», 2019. – С. 205–206. – EDN RXGFGN.

[2] Экспериментальные исследования в интересах обеспечения полетов человека в дальний космос / С.К. Крикалев, Б.И. Крючков, М.М. Харламов [и др.] // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2013. – № 8. – С. 126–135. – EDN RDEEMT.

[3] Крючков Б.И., Кондратьев А.С. Статистическое описание экспериментов по моделированию профессиональной деятельности космонавтов до и после полетов на МКС. Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 2(39). – С. 60–77.

[4] Акулов, В.А. Концепция параметрической модернизации длиннорадиусной центрифуги под задачи освоения дальнего космоса / В.А. Акулов, В.Л. Балакин, П.П. Долгов // Информационные технологии в управлении : материалы конференции, Санкт-Петербург, 06–08 октября 2020 года. – Санкт-Петербург: «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 2020. – С. 154–156. – EDN FLAVHD.

[5] Проблемы адекватности модельной гипогравитации Луны и Марса. Акулов В.А., Балакин В.Л. Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 1(30). – С. 62–79.

[6] Экспериментальные исследования возможности применения систем виртуальной реальности при моделировании на центрифуге управляемого движения лунохода / П.П. Долгов, В.Н. Киршанов, Е.Ю. Иродов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 3(36). – С. 91–108. – DOI 10.34131/MSF.20.3.91-108. – EDN LPKZZM.

ПРОБЛЕМЫ АДЕКВАТНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МАШИН КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Акулов В.А.

(ФГАОУВО «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва», г. Самара)

Центробежные машины (центрифуги (ЦФ)) нашли широкое применение в различных предметных областях, в числе которых, энергетика, добыча и переработка полезных ископаемых, пищевая промышленность, сельское хозяйство, медицина. Особую разновидность образуют ЦФ космического

назначения. Обусловлено это тем, что объектом воздействия является человек – действующий или будущий космонавт, специфику которого и принципиальное отличие от «земных» профессий составляет пребывание и трудовая деятельность в аномальной внешней среде, оказывающей негативное воздействие на его здоровье. Типовыми примерами служат перегрузки и невесомость, сопровождающие полеты на низкие околоземные орбиты (НОО). Для их моделирования в центрах подготовки космонавтов (РФ, Китай, США) разработаны высокоэффективные технические средства подготовки космонавтов (ТСПК) на основе ЦФ.

Проблемы противодействия аномальной среде и адаптации к ней существенно усложняются при переходе от полетов на НОО к экспедициям в дальний космос (ДК), Луна, Марс. Существующее оборудование и методы подготовки становятся недостаточными. Особую актуальность приобретает проблема создания нового поколения ТСПК, обладающего существенно расширенными функциями, включая высокоточное моделирование силовых полей ДК, прежде всего гипогравитации Луны и Марса (сквозное моделирование факторов ДК). Учитывая многолетний положительный опыт и знания, накопленные при эксплуатации центрифуг ЦФ-7 и ЦФ-18 (ЦПК имени Ю.А. Гагарина), представляется целесообразным создание нового поколения ТСПК именно на их основе. Для этого необходимо выполнить ряд технологических операций. Основные из них: заменить схему нагружения «грудь – спина» (тангенциальное расположение испытуемого) на схему «голова – ноги» (радиальное расположение); существенно, более, чем в двадцать раз снизить напряженность модельного поля (замена перегрузок гипогравитацией); обеспечить адекватность модернизированной ЦФ натурным условиям. Как будет показано, ее утрата возможна вследствие неоднородности модельного поля, которая является его неотъемлемой составляющей, и внесенных изменений.

Цель исследований. Расчетное исследование адекватности типовых центрифуг в задачах моделирования гипогравитации Луны и Марса.

Методы исследований: математическое моделирование силовых полей с построением упрощенных аналитических и графических моделей.

Для достижения поставленной цели был сформирован междисциплинарный коллектив из числа сотрудников Самарского университета и ЦПК имени Ю.А. Гагарина. Получены следующие результаты.

1. Разработана методология расчетных оценок адекватности ЦФ космического назначения на основе геометрических характеристик ротора и расположения испытуемого (космонавта) относительно векторного поля.

2. Исследована неоднородность модельного поля центрифуг среднего радиуса действия (ЦСР), широко применяемых в Центрах подготовки космо-

навтов (РФ, США, Китай). Показано, что при имитации перегрузок, возникающих при полетах на НОО (МКС, китайский модуль «Тяньгун») с применением воздействия по схеме вида «грудь – спина», неоднородность не превышает по величине 4,3 %, что свидетельствует об адекватности модельных полей центрифуг среднего радиуса (ЦСР) в данной разновидности задач и согласуется с экспериментальными данными.

3. Установлено специфическое свойство модельных полей, названное «противоречивостью», которое заключается в утрате адекватности при решении идентичных задач, но с измененными исходными данными. Примером служит переход от моделирования перегрузок на ЦСР к моделированию гипогравитации Луны и Марса. В результате изменения направления вектора центробежного ускорения (схема «голова – ноги») и существенного снижения напряженности поля (имитация гипогравитации) его неоднородность возросла до недопустимых с точки зрения адекватности значений (более 26 %).

4. Указанное свойство следует учитывать на практике при постановке новых задач. Кроме того, получено очередное подтверждение проблематичности экстраполяции результатов исследований, полученных на центрифугах короткого радиуса (ЦКР), включая физиологические реакции, на реальные условия.

5. Приведена графическая иллюстрация свойства неоднородности модельных полей, обладающая простотой и наглядностью. Показано, что ее изображениями являются проекции фрагментов графиков в координатах «текущий радиус (расстояние от оси вращения), центробежное ускорение» на вертикальную ось.

6. Исследовано модельное поле длиннорadiusной центрифуги ЦФ-18. Показано, что ее неоднородность по сравнению с ЦСР меньше в 2,6 раза, что является наилучшим показателем среди ЦФ космического назначения, применяемых в РФ и Западной Европе.

7. Получено экспериментальное подтверждение расчетных данных. Приведенные результаты служат основанием для применения ЦФ-18 в качестве прототипа ТСПК экипажей межпланетных экспедиций.

8. Намечены направления дальнейших исследований, в числе которых эксперименты с прямым участием космонавтов, поиск оптимального варианта газового состава перспективных скафандров и эксперименты с одновременным моделированием силовых факторов ДК и атмосферы скафандров, причем произвольного изготовителя, что не имеет ближайших аналогов.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРИФУГОЙ ЦФ-18 ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СКВОЗНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Гаврик И.Н., Белявцев С.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В докладе рассматриваются вопросы создания программ управления центрифугой ЦФ-18 для экспериментальных исследований по сквозному моделированию этапов космического полета. Была поставлена и решена задача последовательно, без остановки центрифуги, воспроизвести график перегрузки, действующей при выведении КА на орбиту ИСЗ, затем перейти на вращение по специальной программе, обеспечивающей одновременное изменение гемодинамики и воздействие на вестибулярный аппарат космонавта, что характерно для периода адаптации космонавта к невесомости, а затем – вращение по графику спуска КА на Землю.

Для создания информационного образа космического полета, синхронно с воспроизведением, по данным из таблицы, графика выведения КА, испытателю на экран в кабине центрифуги воспроизводился специально созданный видеоклип с видеокадрами и анимацией полета ракеты-носителя.

Для моделирования с использованием центрифуги участка «невесомости» требовалось непрерывно изменять по гармоническому закону модуль перегрузки, сохраняя при этом, в системе координат, связанной с креслом испытателя, заданное направление вектора перегрузки. На центрифуге с кабиной, установленной в 3-степенном кардановом подвесе, такой закон управления можно реализовать разными способами. В процессе исследований требовалось определить наиболее удобный для испытателей способ. Необходимо было также иметь возможность во время исследований изменять параметры движения центрифуги: частоту колебаний, размах колебаний модуля вектора перегрузки, угол положения антиортостаза. Все указанные возможности были предоставлены программой моделирования закона управления центрифугой, реализованной в среде моделирования динамических процессов Simintech. Разработанная модель использовалась в качестве внешнего источника сигналов управления. Передача данных в систему управления центрифугой производилась по протоколу UDP через имеющийся для этих целей порт. В модели также была реализована возможность, в любой момент закончить моделирование участка «невесомости» и начать моделировать перегрузку на участке спуска КА в атмосфере Земли.

В докладе представлены структурные схемы моделей (программ) управления центрифугой, графики с результатами моделирования при генерировании «идеальных» сигналов управления центрифугой, а также графики реальных сигналов, зарегистрированных датчиками, установленными в кабине центрифуги.

Литература

[1] Математическое моделирование физиологических систем и динамическая имитация сенсорного конфликта невесомости / В.А. Садовничий, В.В. Александров, Т.Б. Александрова, Т.Г. Астахова, Ю.О. Мамасуева, Л.И. Воронин, А.В. Мамасуев // *Фундамент. и прикл. матем.* – 1997. – Т. 3, вып. 1. – С. 129–147.

[2] Математические задачи динамической имитации аэрокосмических полетов / В.В. Александров, Л.И. Воронин, Ю.Н. Глазков и др.; Под ред. В.А. Садовничего. – М.: Изд-во МГУ, 1995.

БИОНАВИГАЦИЯ НА ЗЕМЛЕ И В ПОЛЕТЕ

Александров В.В., Лемак С.С., Тихонова К.В.
(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

В докладе представлены некоторые направления работ коллектива ученых МГУ из «Отдела прикладных исследований» МГУ, который был создан в 1987 г., благодаря усилиям трех известных ученых – А.Ю. Ишлинского, Г.А. Тюлина и В.А. Садовничего. Основными направлениями исследований являлись:

- математическое моделирование инерциальных механорецепторов;
- имитационные динамические стенды и механика относительных движений;
- максиминное тестирование качества персонального управления движением и когнитивная коррекция;
- гальваническая коррекция выходных сигналов инерциальных биосенсоров вестибулярного аппарата.

Одним из первых результатов, полученных в отделе, было создание алгоритмов динамической имитации перегрузок при подъеме и спуске с орбиты управляемого космического аппарата типа «Союз». Вместе с исследователями ЦПК имени Ю.А. Гагарина были созданы алгоритмы имитации вестибулосенсорного конфликта орбитального полета. Это были первые примеры имитации «по выходу» вестибулярных гравиторецепторов пилота [1]. Полученные результаты стимулировали исследования по созданию математических моделей вестибулярной и глазодвигательной системы как части бионавигационной системы человека. Разрабатываемые модели полезны для понимания процесса определения положения объекта при визуальном управлении на орбите.

Таким образом получил развитие новый раздел механики управляемых систем – «Биомехатронные системы».

В 1995 г. была выпущена монография «Математические задачи динамической имитации аэрокосмического полета», подводящая итоги первых исследований в этом направлении. В 1997 г. при проведении экспериментов на борту станции «Мир» учеными ИМБП РАН И.Б. Козловской и Л.Н. Корниловой было установлено наличие вестибулосенсорного конфликта в орбитальном полете – значительное запаздывание при установке взора, что объясняло трудности визуального управления в космосе. Дальнейшие исследования были посвящены решению задач коррекции запаздывания взора. В сотрудничестве с мексиканскими биологами была создана модифицированная модель Ходжкина–Хаксли работы вестибулярной клетки, что позволило получить трехкомпланарную модель гравитоинерциального механорецептора [2].

Возникла идея коррекции информационного процесса на выходе вестибулярного аппарата, призванная помочь установке взора в экстремальных условиях орбитального полета.

Теоретически возможность гальванической коррекции визуального управления была показана К.В. Тихоновой [3, 4] при исследовании упрощенной математической модели вестибулярной клетки. Было показано, что при некоторых параметрах это бистабильная система, которая имеет устойчивый фокус и устойчивый предельный цикл. При воздействии внешнего малого возмущения она может быть переведена из устойчивого фокуса (соответствующего покою клетки) в рабочее состояние, соответствующее предельному циклу. В настоящее время созданы приборы гальванической коррекции и ведется подготовка к космическому эксперименту на орбите под названием «Уменьшение отолито-канального конфликта в невесомости при гальванической стимуляции вестибулярного аппарата (ГВС-1)».

Литература

[1] Математические задачи динамической имитации аэрокосмического полета / А.Ю. Ишлинский, Л.И. Воронин, Ю.Н. Глазков, В.В. Садовничий, В.В. Александров. – Изд-во МГУ, 1995.

[2] Гальваническая коррекция нейронного управления установкой взора / Садовничий В.А., Александров В.В., Александрова Т.Б., Коноваленко И.С., Сото Э., Тихонова К.В., Шуленина Н.Э. // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. – 2021. – № 6. – С. 41–47.

[3] О гальванической коррекции вестибулярной активности пилота при визуальном управлении полетом / Садовничий В.А., Александров В.В., Александрова О.В., Вега Р., Коноваленко И.С., Сото Э., Тихонова К.В., Гордильо-Домингез Х.Л., Гонзалез О. // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. – 2019. – № 1. – С. 34–40.

[4] Возмущаемые стабильные системы на плоскости / Александров В.В., Александрова Т.Б., Коноваленко И.С., Тихонова К.В. // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика. – 2017. – № 1. – С. 54–57.

ПЕРВЫЙ В СТРАНЕ МНОГОРАЗОВЫЙ ВОЗВРАЩАЕМЫЙ АППАРАТ

Смирничевский Л.Д., Шелепин Л.М., Поляченко В.А.
(АО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов)

Начиная с 1965 года ОКБ-52 (ЦКБМ/НПО машиностроения) включилось в разработку пилотируемых космических систем и ракет-носителей для них. Это новое направление работ предприятия было призвано содействовать оснащению Вооруженных сил самыми современными системами космической разведки. Пилотируемый ракетно-космический комплекс (РКК) «Алмаз», заданный Минобороны СССР в 1966 году, был разработан под руководством генерального конструктора В.Н. Челомея и предназначался для ведения комплексной разведки малоразмерных и частично замаскированных целей. Экипажи космонавтов выполняли эту работу на станциях «Салют-3», «Салют-5». В состав пилотируемого РКК «Алмаз» входили орбитальная пилотируемая станция (ОПС), транспортный корабль снабжения (ТКС) с функционально-грузовым блоком (ФГБ) и возвращаемым аппаратом (ВА) и ракета-носитель УР-500К (8К82К).

Орбитальная пилотируемая станция: масса на орбите – 19 960 кг, объем гермоотсека – 92,4 куб. м., экипаж – 2–3 чел., диапазон высот орбиты – 185–285 км.

Транспортный корабль снабжения в составе ФГБ и ВА: масса на орбите – 17 500 кг, масса доставляемых грузов – 12 600 кг, в т. ч. ВА с экипажем – 4800 кг. Экипаж – 3 чел.

Этот проект положил начало дальнейшим разработкам орбитальных станций в нашей стране, его наследие воплощено в модулях Международной космической станции (МКС).

Многоразовый возвращаемый аппарат в составе ТКС предназначался для выведения в космос экипажа численностью до трех человек с последующим возвращением на Землю после выполнения программы полета и обеспечения их жизнедеятельности после приземления (приводнения), в том числе в нерасчетном районе. В случаях возникновения аварийных ситуаций на старте (после отвода фермы обслуживания), на любом участке полета ракеты-носителя, орбитального полета в составе ТКС, возвращаемый аппарат должен был обеспечивать спасение экипажа. Спуск ВА выполнялся как по командам ТКС, так и в автономном полете (до 2-х витков) после отделения от ТКС.

Масса ВА – 4800 кг на орбите, 3800 кг при спуске с орбиты, 2890 кг после приземления. Объем отсека экипажа – 4,56 куб. м. Экипаж – 3 чел. Пребывание экипажа в ВА в составе ТКС – до 24 ч.

После сброса аварийной двигательной установки (АДУ) на участке выведения и вывода на орбиту, ВА состоял из отсека экипажа, спускаемого на

парашютах; носового отсека с двигательной установкой ориентации, стабилизации и управления качеством, навесного агрегата, расположенного на днище ВА, с частью оборудования для вентиляции и охлаждения скафандров экипажа, отделяемого при входе в атмосферу; тормозной двигательной установки.

По своей конфигурации ВА отличался от отечественных спускаемых аппаратов (КК «Восток», «Восход», «Союз») и напоминал нечто среднее между американскими капсулами Gemini и Apollo. Оптимальная форма ВА выбиралась по результатам испытаний более сотни моделей в аэродинамических и ударных трубах и других экспериментов. В результате была выбрана сегментально-коническая форма ВА с несущим полусферическим днищем. Смещенный центр тяжести ВА позволял реализовать управляемый спуск в заданную точку территории Советского Союза с аэродинамическим качеством 0,3–0,45, с приемлемыми перегрузками 4,5–5,5 единиц. Для реализации управляемого спуска, впервые в отечественной космонавтике была использована бортовая цифровая вычислительная машина «Аргон-12С».

Многочисленные споры специалистов вызывал расположенный в теплонагруженном днище отсека экипажа люк–лаз для перехода из ВА в ТКС диаметром в свету – 550 мм. Уникальная конструкция люка–лаза (лабиринтная герметизация уплотнения) в сочетании с наклеенным на днище в районе люка–лаза «языка» из листового фторопласта, обеспечивала герметичность ВА в полете и спуске. Впервые была проверена конструкция люка–лаза на орбите в совместном полете ТКС-3 «Космос-1443» с ДОС «Салют-7» в автоматическом режиме «открытия–закрытия» космонавтами В.А. Ляховым и А.П. Александровым при проведении работы в ВА и ФГБ.

Для спуска ВА была разработана парашютно-реактивная система посадки (ПРСП), включающая основной и резервный комплекты вытяжного и тормозного парашютов (вводимых при штатном спуске или в случае аварии на начальных участках выведения), основного трехкупольного парашюта, двигателя мягкой посадки. ПРСП размещалась на раме, прикрепленной к верхнему торцу ВА. Для исключения перехлеста строп узлы крепления основных парашютов находились на вертлюге. После приземления рама с основными парашютами отделялась по команде экипажа или от программного устройства. Посадка ВА производилась на днище, экипаж покидал ВА через посадочный люк. В случае нештатного положения ВА после посадки могли использоваться дополнительно люк–лаз и люк в верхнем днище, предназначенный для случая посадки на воду.

Для подтверждения надежности ВА был проведен большой объем наземных статических, тепловых, тепло-прочностных, вибро-прочностных, копро-вых и других видов как автономных испытаний отдельных агрегатов, систем,

так и в составе стендовых изделий, включая испытания с работающей бортовой аппаратурой.

Опыт, полученный при создании ВА системы «Алмаз» может быть использован при разработке современных возвращаемых аппаратов.

Литература

[1] Огранка «Алмазов», АО ВПК «НПО машиностроения», ИГ «Изопроект». – М., 2019.

РАЗВИТИЕ МНОГОРАЗОВЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ СНАБЖЕНИЯ

Гранич В.Ю., Дзёма Ю.М.

**(ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт»
имени профессора Н.Е. Жуковского, г. Жуковский)**

Доклад посвящен вопросу развития многоразовых пилотируемых аэрокосмических систем (АКС) в связи с принятием решения о создании отечественной посещаемой орбитальной станции «РОС». Задача осуществления транспортных операций в интересах снабжения станции, проведения научно-прикладных исследований и экспериментов в космосе приобретает в настоящее время все большую актуальность.

Отмечено, что используемые в этих целях по настоящее время одноразовые возвращаемые космические аппараты капсульного типа имеют ряд известных недостатков. В этой связи наиболее перспективным направлением дальнейшего развития транспортных систем, обеспечивающих выполнение задач обеспечения, видится развитие многоразовых межсредных пилотируемых крылатых летательных аппаратов (КЛА) в составе многоразовых АКС [1].

Исследования в этом направлении были начаты в 70-е годы прошлого века. К настоящему моменту времени реализован ряд проектов по созданию таких систем, среди которых следует отметить такие аппараты первого поколения, как Space Shuttle (США), МКС «Энергия – Буран» (СССР) и непилотируемые аппараты второго поколения – X-37В (США). Работы по созданию подобного класса летательных аппаратов также ведутся в Китае, Индии и в странах Евросоюза. В России имеется достаточный научно-технический задел, полученный при реализации нескольких программ исследования подобных аппаратов, на результатах которых работы в этом направлении в настоящее время интенсифицировались.

В докладе, определены основные требования к такому классу пилотируемых летательных аппаратов, выделены основные технические решения, позво-

ляющие выполнять возвратный полет с допустимыми перегрузками по всей траектории, осуществлять посадку на ВПП первого класса. В ходе исследований выявлены критические технологии, без реализации которых создание таких летательных аппаратов будет проблематичным.

В заключении отмечено, что для подтверждения правильности выбранных технических решений целесообразно создание масштабного летного демонстратора пилотируемого КЛА и проведение цикла комплексных наземных и летных испытаний перед принятием окончательного решения по основным летно-техническим и технико-экономическим характеристикам создаваемого пилотируемого крылатого аппарата в составе многоцветной АКС.

Литература

[1] Гранич В.Ю., Дзёма Ю.М., Ширковский И.А. К вопросу создания многоцветных аэрокосмических систем для осуществления транспортных операций в интересах научно-прикладных исследований и экспериментов // Сборник тезисов докладов XIV Международной научно-практической конференции. Звездный городок, октябрь 2021. – С 120–123.

[2] <https://yandex.ru/video/preview/17036029559613585541>

[3] <https://yandex.ru/video/preview/5672669423011971729>

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦЕЛЯХ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕТЧИКА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЕРИМЕНТА НА ЦЕНТРИФУГЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ

Лебедев Д.М., Андриенко С.М., Королев А.А.

**(АО «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова»,
г. Жуковский)**

Искусственный интеллект в авиации – это не просто продвинутые системы распознавания и сбора информации, но и возможность повысить безопасность полетов, эффективно использовать функциональные резервы и оптимизировать работу экипажа.

Статья посвящена вопросам прогноза качества деятельности летчика для решения сложных ситуационных задач в целях оказания помощи на основе систем искусственного интеллекта в реальном времени.

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЦЕНТРИФУГИ Ц-30
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Епифанцев К.В.
(НИИЦ (АКМ и ВЭ) ЦНИИ ВВС (Минобороны России), г. Москва)**

Центрифуга Ц-30 шведской фирмы «ASEA» 1962 г. постройки, размещена на территории Научно-исследовательского испытательного центра (Авиационно-космической медицины и военной эргономики) Центрального научно-исследовательского института ВВС Минобороны России. Активно применяется при проведении исследований в интересах летного состава авиации ВС РФ.

Начиная с 2009 года, после перехода ЦПК имени Ю.А. Гагарина в ГК «Роскосмос», является единственной центрифугой в МО РФ.

В период с 2019 по 2022 годы на центрифуге Ц-30 проведена глубокая модернизация, с целью расширения ее технических возможностей посредством замены компонентов системы управления и оборудования кабин на современные аналоги. Конструкторская и эксплуатационная документация была переработана с учетом внесенных в состав оборудования и систем изменений. Модернизация расширила возможности применения центрифуги Ц-30 в том числе, для выполнения длительных экспериментов с имитацией воздушного боя современного высокоманевренного истребителя с воздействием расчетной перегрузки на летчика за счет синхронизации полетной модели с системой управления Ц-30. Кроме того, расширены возможности выполнения испытаний современного защитного снаряжения и эргономических исследований информационных полей кабин самолетов.

До модернизации управление центрифугой осуществлялось по радиальному значению перегрузки (являлось единственным способом управления Ц-30). После модернизации Ц-30 появилась возможность управления центрифугой в трех режимах: ручной с возможностью задания способа расчета перегрузки, автоматизированный, пилотируемый. Так же модернизация системы управления позволила:

- повысить безопасность и удобство эксплуатации Ц-30;
- осуществлять контроль состояния систем, подсистем и составных частей центрифуги с использованием современных аппаратно-программных средств визуализации технических и других параметров;
- реализовать сервисные функции.

При выполнении модернизации системы управления центрифугой были использованы цифровые и цифро-аналоговые элементы российских

и иностранных разработчиков. Учитывая современные условия работы с поставщиками вычислительного оборудования, имеется ряд прогнозируемых сложностей, связанных с импортозамещением, контролем внутренней схемотехники, удлинением сроков и цепочек поставки. Кроме того, применяемые при разработке решения являются единичными (иногда не серийными), что снижает приоритет задачи при обращении к производителям.

В связи с этим при эксплуатации и техническом обслуживании центрифуги Ц-30 необходимо учитывать следующие факторы:

1. Сложность приобретения лицензий для операционной системы Windows.

2. Отсутствие опытного производства деталей и агрегатов в силу их индивидуальности. Так как центрифуга сконструирована шведской фирмой «ASEA», детали и агрегаты конструкции Ц-30 в Российской Федерации не производятся. Модернизация 2022 года позволила заменить большую часть шведского оборудования, но силовые узлы и агрегаты остались шведского производства.

3. В процессе модернизации центрифуги Ц-30, часть шведского оборудования была заменена на оборудование иностранного производства в том числе «Siemens», что в прогнозируемом будущем может повлечь за собой трудности при подборе комплектующих ЗИП и аналогов в случае выхода из строя данного оборудования.

В виду вышеперечисленных факторов концептуально можно выдвинуть несколько путей оптимизации эксплуатации центрифуг:

1. Выполнение работ по импортозамещению иностранного оборудования на отечественное.

2. Включение центрифуг, эксплуатируемых на территории Российской Федерации в единую систему технического надзора.

3. Приведение к единообразию систем эксплуатации центрифуг.

4. Разработка и создание отечественных многофункциональных, универсальных центрифуг нового поколения на базе оборудования российского производства.

**ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТОДОВ ТЕПЛОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
И МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРИФУГ НА ПРИМЕРЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ТЕРМОГРАФА «ИРТИС»**

**Щербаков М.И., Спирин Д.В.
(ООО «ИРТИС/IRTIS», г. Москва)**

В основе теплового неразрушающего контроля (ТНК) лежит возможность получения видимого теплового изображения объектов исследования по их инфракрасному излучению, изменяющемуся в результате функционирования объекта или внешнего теплового воздействия на него. Это позволяет оценить распределение тепловых полей и дистанционно определить температуру любой точки на поверхности объекта. По полученным термограммам можно судить даже о внутренней структуре объекта, в частности, обнаруживать различные аномалии и скрытые дефекты.

Возможность обнаружения скрытого дефекта обусловлена появлением вызванной им локальной неоднородности теплового поля на поверхности объекта контроля, которая изображается на термограмме соответствующим цветовым перепадом. Основным элементом термографической системы для ТНК является компактная термографическая камера, позволяющая выполнять снимки объекта в инфракрасном диапазоне. Имея высокую разрешающую способность, современные термографические камеры выявляют разницу температур на поверхности с чувствительностью до 0,05 °С. Мобильность и бесконтактный принцип работы позволяют применять камеру для обследования практически любых объектов.

Одной из таких систем является прецизионный инфракрасный термограф «ИРТИС», разработанный специалистами компании «ИРТИС/IRTIS» на основе 40-летнего опыта работы в области создания инфракрасных систем. Прибор создан с учетом требований, предъявляемых к мобильной аппаратуре, используемой на предприятиях энергетики, топливно-энергетического, химического и нефтегазового комплексов, коммунального хозяйства, в строительстве, в медицине и в других сферах.

Обладая определенными конструктивными особенностями, термограф «ИРТИС» имеет ряд преимуществ по сравнению с тепловизионной аппаратурой, которая широко представлена на российском рынке.

Тепловизоры позволяют получать общее визуальное тепловое изображение объекта. Их температурные и пространственные характеристики в центре поля зрения существенно отличаются от характеристик по краям. Для задач,

требующих количественных измерений температур объектов, необходимы более точные приборы – термографы, поэтому к ним предъявляются повышенные требования:

- чувствительность к перепаду температур в каждой точке до 0,02 °С;
- точность измерения абсолютных температур до ± 1 °С;
- равномерность чувствительности и оптической разрешающей способности по всему полю термограммы;
- полная компенсация температурного дрейфа в каждом кадре;
- стабильность характеристик во времени.

Все этим требованиям удовлетворяют термографы «ИРТИС». Отсутствие оптики на входе позволяет прибору моментально адаптироваться к окружающей среде и проводить точные измерения при любых окружающих температурах и их изменениях (например, при перемещении прибора из помещения на улицу, и обратно). Все это повышает диагностические возможности термографа при проведении контроля оборудования, по сравнению с тепловизором.

В отличие от тепловизоров, в основном работающих в спектральном диапазоне 8–14 микрометров, термографы «ИРТИС» используют для своей работы диапазон длин волн 3–5 мкм, что позволяет с минимальными фоновыми засветками получать термограммы оборудования. Например, для приборов, работающих в диапазоне 8–14 мкм оконное стекло, подвесная стеклянная и фарфоровая изоляция являются фактически зеркалом, переотражения на котором искажают истинное тепловое изображение объекта, что приводит к значительным ошибкам при диагностике данных объектов и погрешностям при измерении абсолютных значений их температур.

Портативный термограф «ИРТИС» работоспособен, как при отрицательных температурах окружающей среды до минус 50 °С, так и при положительных до плюс 60 °С, где другая аналогичная техника выходит из строя.

Специально разработанный программно-аппаратный комплекс панорамного термографирования позволяет в автоматическом режиме за считанные минуты снять группу термограмм объекта и сложить их в единую панораму – термограмму высокого разрешения. Примеры полученных панорам можно увидеть на сайте компании: www.irtis.ru.

Термографический контроль электрооборудования и систем электроснабжения центрифуг

Изменение свойств электрических компонентов возникающих вследствие повреждения, брака производителя, неправильной эксплуатации или установки, коррозии или износа проявляется через отклонения температуры от нормы. Использование термографического контроля позволяет выявлять дефекты на ранней стадии их развития, что дает возможность планировать объемы

и сроки ремонта оборудования по его фактическому состоянию. Плановый вывод из эксплуатации дефектного оборудования значительно повышает надежность и безопасность эксплуатации всех энергетических систем, существенно сокращает потери энергоресурсов. Особая ценность термографического контроля в том, что диагностика осуществляется без вывода оборудования из работы и при номинальных нагрузках.

Объектами контроля на центрифугах являются силовые трансформаторы, преобразователи частот, электродвигатели, выпрямительные и распределительные устройства, тиристорные преобразователи, болтовые и винтовые соединения силовых кабелей, электронное и электрическое оборудование пультовых, блоки и пульта управления.

Термографическая диагностика дефектов механического оборудования центрифуг

Выявление дефектов механических узлов, обычно связано с обследованием движущихся или вращающихся частей объектов. Чрезмерное выделение тепла может вызываться трением в неисправных подшипниках, неудовлетворительной смазкой, неверной регулировкой, неправильной эксплуатацией и просто нормальным износом.

Преимущество термографической диагностики механического оборудования заключается в экономии времени, так как этот метод позволяет обнаружить даже не причину перегрева, а непосредственно неблагополучный участок. Причины, можно установить другими методами контроля, например, методом исследования вибраций или ударно-импульсной дефектоскопии. При обследовании ряда электромеханических компонентов достаточно одного лишь термографического контроля, чтобы определить потребность в обслуживании или ремонте.

Объектами контроля на центрифугах являются зубчатые передачи, валы, муфты, воздушные компрессоры, вакуумные электронасосы, сцепления, клиновые ремни, шкивы, цепные приводы, магнитные пускатели, моторы-генераторы, электрогидравлические выключатели, коллекторы, опорные подшипники.

Термографическое обследование ограждающих конструкций зданий и сооружений центрифуг

Термографическое обследование ограждающих конструкций является частью энергетического обследования здания и позволяет выявлять неоправданные потери тепловой энергии вследствие плохой теплоизоляции зданий, сооружений, (стены, окна, крыши). Эти потери поглощают значительные средства на оплату энергоресурсов.

Дефекты ограждающих конструкций, которые выявляются при комплексном термографическом обследовании, являются участками со сниженными

теплозащитными свойствами - низким качеством ограждающих конструкций и стыков между ними, инфильтрацией воды и т. д. Знание фактических теплотерь дает возможность принимать решения об их снижении при реконструкции или дополнительной теплоизоляции, а также оценить ожидаемую экономию от снижения потерь. Проведение работы по термографическому обследованию до и после реконструкции поможет оценить эффективность и качество выполненных работ; подобное обследование возможно и при приемке зданий в эксплуатацию с целью выявления брака производителя.

Объектами контроля на центрифугах являются ограждающие конструкции зданий и сооружений центрифуг, отопительные системы, подземные коммуникации, теплопроводы, теплотрассы.

Кроме того, термографы «ИРТИС» могут быть использованы для наблюдения функциональных процессов человеческого организма и для диагностики различных заболеваний на ранних стадиях, например, при исследовании воздействий перегрузок на тело человека или при проведении обследований состояния здоровья космонавтов для допуска к тренировкам.

Выводы

Проведение теплового неразрушающего контроля с помощью прецизионного инфракрасного термографа «ИРТИС» имеет существенные достоинства:

- термографическое обследование дает информацию, получить которую другими, даже аналогичными методами невозможно или настолько технически сложно, что теряется экономическая целесообразность работы;
- термографирование обеспечивает проведение обследований и выявление дефектов большого количества объектов в кратчайшие сроки и с минимальными затратами;
- обследования проводятся без вывода из эксплуатации объекта диагностики и при его номинальных параметрах работы;
- широкий спектр применений метода и бесконечный перечень объектов, подлежащих обследованию, позволяет эффективно использовать термографическую систему как в целях энерго- и ресурсосбережения, так и для повышения надежности и эффективности работы инженерных систем, снижения аварийности и потерь от выхода из строя оборудования, повышения уровня безопасности оборудования, снижения затрат на его эксплуатацию и ремонт, в том числе профилактический;
- низкая стоимость и термографа «ИРТИС», по сравнению с существующими аналогами.

СРЕДСТВА КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ИМИТАТОРАХ ПЕРЕГРУЗОК ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ

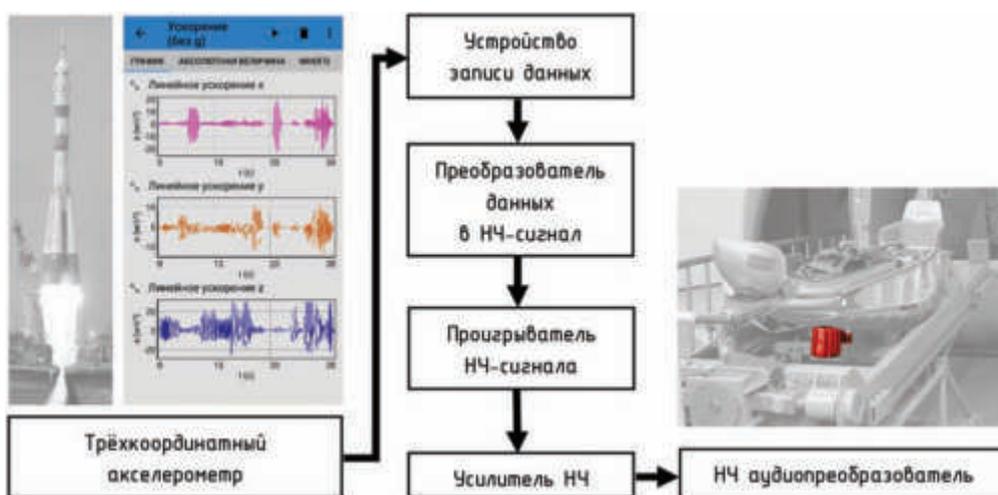
Пономарев Н.К.
(МБОУ «Школа № 30», г. Балашиха)

К одному из самых значимых средств подготовки космонавтов относятся центробежные машины для физиологических исследований – центрифуги ЦФ-7 и ЦФ-18. Они могут создавать перегрузки в диапазонах от 1 до 30 g с ориентацией вектора перегрузки в любом заданном направлении. При этом внутри кабины могут регулироваться температура, давление, влажность и газовый состав. [2]

В связи с тем, что человек может воспринимать информацию через органы чувств, то способы представления информации, доступные для ее получения, можно разделить на:

- визуальные;
- аудиальные;
- осязательные;
- вкусовые;
- обонятельные;
- вестибулярные [1].

Для центрифуг характерно представление информации вестибулярным и осязательным способом. Но если воздействие перегрузок имитируется в полной мере, то кинематическая обратная связь, присутствующая в виде вибраций



при старте ракеты-носителя и при посадке спускаемого аппарата, в настоящее время не применяется. Однако она позволила бы установить наиболее полное соответствие моделируемых и реальных воздействий на космонавта.

В докладе представлен вариант доработки ложемента, устанавливаемого в кабину центрифуги, при помощи низкочастотного аудиопреобразователя, позволяющего космонавту ощутить всем телом вибрацию двигателя ракеты-носителя и космического корабля на различных этапах выведения и спуска, с обеспечением минимального воздействия на окружающие конструкции.

Литература

[1] Орешкин Г.Д., Пономарев К.В. Средства информационной поддержки деятельности экипажей лунных экспедиций. Современные достижения в области информационных технологий // Пилотируемые полеты в космос. Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, 2021. – С. 91–92.

[2] 40 лет назад в ЦПК начали использовать центрифугу ЦФ-18 // Роскосмос. Новости. 24.09.2021. – URL: <https://www.roscosmos.ru/32712/> (дата обращения: 3.09.2023).

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СКВОЗНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА ЦЕНТРИФУГЕ ЦФ-18

**Миняйло Я.Ю., Гаврик И.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Полет космического корабля состоит из трех фаз: выведения на орбиту, орбитального полета и спуска. Эти фазы различны по динамическому воздействию на организм космонавта. Выведение и спуск характеризуются большими значениями перегрузок, а орбитальный полет – невесомостью, которая вносит существенные изменения в работу физиологических систем человека. В невесомости наблюдается: прилив крови к голове, дезориентация в пространстве, изменения в вестибуло-сенсорных, вестибуло-вегетативных, вестибуло-двигательных реакциях.

Практика подготовки космонавтов предполагает отдельное моделирование выведения, спуска и невесомости. Однако с точки зрения физиологической и психологической подготовки очень важно воспроизводить полную динамическую картину космического полета. С этой целью в 1980-х г. был разработан алгоритм [1] сквозного моделирования орбитального полета на центрифуге ЦФ-18. Суть сквозного моделирования заключается в том, что космонавт сначала проходит вращение на центрифуге по графику выведения

КА на орбиту, затем, без остановки центрифуги, производится вращение по специальной программе, обеспечивающей одновременное изменение гемодинамики и воздействие на вестибулярный аппарат космонавта, что характерно для периода адаптации космонавта к невесомости, а затем – вращение по графику спуска КА на Землю. Тогда же проводились экспериментальные исследования с космонавтами, подробные результаты которых в открытой литературе не опубликованы [2]. Однако в практике отбора и/или подготовки космонавтов способ до настоящего времени не использовался.

В 2022 году в ЦПК было принято решение о подготовке и проведении экспериментальных исследований на центрифуге ЦФ-18 на предмет целесообразности практического использования способа сквозного моделирования космического полета в практике подготовки космонавтов. Целью исследований является подтверждение или опровержение факта создания у космонавта, после такого цикла вращений, субъективного образа космического полета от момента старта до посадки, а также возможности психологически и физически к нему подготовиться.

Создание профилей перегрузки в кабине центрифуги по графикам выведения КА на орбиту ИСЗ и спуска на Землю является известной отлаженной процедурой, а параметры вращения центрифуги и карданова подвеса на этапе моделирования орбитального полета необходимо было определять в процессе исследований. Для моделирования гемодинамики (перераспределения жидкостей в организме) было решено использовать антиортостаз.

Для оценки физиологических изменений, возникших вследствие воздействия перегрузок, невесомости и гемодинамики, проводился ряд исследований направленных на оценку функций организма, зависящих от состояния вестибулярной системы.

В первую очередь исследовали функцию равновесия и динамическую стабилизацию вертикального положения тела. До и сразу после вращений на ЦФ-18 проводились стабилметрические обследования. Суть заключалась в том, чтобы оценить наличие вестибулярных изменений, в том числе укачивания, по изменениям параметров поддержания вертикальной позы.

Также проводилось исследование глазодвигательной функции, которое включало в себя тест на слежение за движущейся целью и оптокинетический тест. В первом тесте оценивалась гладкость и точность прослеживания, а во втором – соответствие скоростей нистагма и стимула в тесте.

Дополнительно, для исследования изменений в зрительном восприятии проводился тест на визуальное восприятие длины (соотношение вертикальной и горизонтальной линий в фигуре «перевернутая Т») – тест «перевернутая Т» с различным соотношением длины вертикальной и горизонтальной

линий. Испытатель должен сообщить, как он воспринимает вертикальную линию по отношению к горизонтальной: вертикальная линия кажется короче – «короче», «длиннее» или «равной». Подобные тесты проводились на космонавтах до и после реального космического полета.

До, во время и после вращения центрифуги производилось измерение медицинских параметров (ЭКГ в 3-х стандартных отведениях, ЧСС, АД с плеча) в кабине центрифуги. После завершения всех исследований проводилось анкетирование испытателя.

Литература

[1] Александров В.В., Садовничий В.А., Чугунов О.Д. Математические задачи динамической имитации полета. – Изд-во МГУ, 1986. – 180 с.

[2] Моделирование сенсорного конфликта невесомости / Л.И. Воронин, Ю.Н. Глазков, Р.Р. Каспранский, В.В. Александров, В.А. Садовничий // Международная научно-практическая конференция «Профессиональная деятельность космонавтов и пути повышения ее эффективности»: Тезисы докладов. – 6–7 октября 1993 г., Звездный городок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С УЧАСТИЕМ ЭКИПАЖЕЙ РС МКС НА ИМИТАТОРЕ ПЛАНЕТОХОДА

**Долгов П.П., Коренной В.С., Иродов Е.Ю., Булгаков А.В., Гришина И.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В ходе осуществления лунных миссий планируется использование луноходов различного типа и назначения. Космонавты будут использовать луноходы для перемещения по поверхности Луны, для транспортировки оборудования, проведения научных исследований [1]. Для планирования и осуществления перспективных космических полетов на Луну требуется прогнозирование возможности выполнения космонавтами операторской деятельности по управлению движением лунохода после воздействия невесомости при перелете к Луне.

Для решения этой задачи в программу послеполетных экспериментов введен новый вид деятельности, который космонавты будут выполнять после завершения полета, это управление движением имитатора планетохода (ИП) [2]. Объектом экспериментальных исследований является космонавт, выполняющий управление движением ИП на поверхности планеты. Целью экспериментальных исследований является получение экспериментальных данных о качестве выполнения космонавтами сложной операторской деятельности по управлению движением ИП на поверхности планеты после длительного воздействия неблагоприятных факторов космического полета.

В процессе экспериментальных исследований регистрируются технические параметры, характеризующие работу космонавта по управлению ИП (время прохождения трассы, расход электроэнергии ИП, угол поворота управляющих колес, скорость движения) и физиологические параметры космонавта (частота сердечных сокращений, частота дыхания, температура заушная). Осуществляется экспертная оценка качества управления.

По состоянию на 01.08.2023 г. проведена серия послеполетных экспериментов с регистрацией фоновых и экспериментальных данных.

На рисунке представлена диаграмма, иллюстрирующая динамику показателей качества управления движением ИП после выполнения космического полета. Анализ полученных данных показывает, что во время экспериментов на третьи сутки после завершения космического полета и посадки спускаемого аппарата на Землю улучшились следующие показатели деятельности космонавтов по управлению движением имитатора планетохода:

- время прохождения участков трассы в среднем снизилось на 11,5 %;
- энергопотребление на участках трассы в среднем сократилось на 2,9 %;
- средняя скорость на участках трассы в среднем возросла на 12 %.

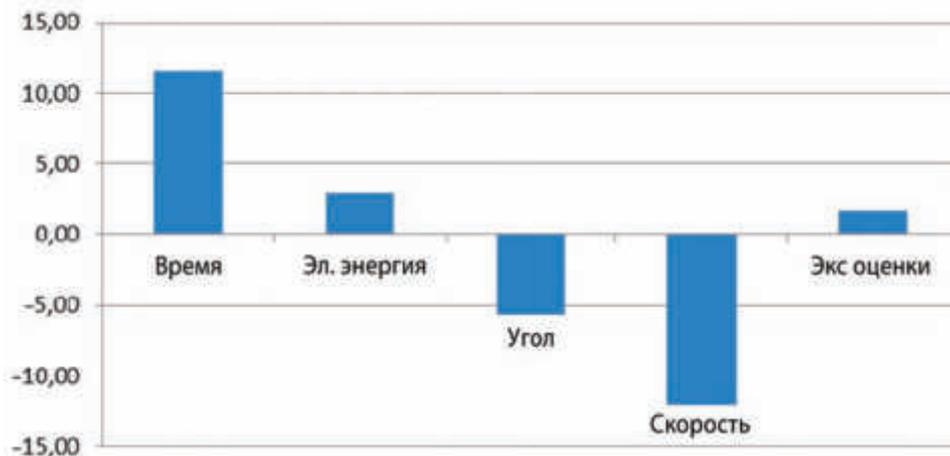


Рис. Диаграмма динамики показателей качества управления движением ИП

Анализ полученных данных показывает, что произошло ухудшение показателя – суммарный угол поворота колес, он в среднем возрос на 5,7 %.

Экспертная оценка качества управления движением возросла в среднем на 3 %.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что деятельность космонавтов по управлению движением имитатора планетохода не является физически тяжелой и космонавт, после перелета на планету, сможет

выполнять функции пилота планетохода без существенного снижения качества управления движением планетохода.

Литература

[1] Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: HMP, Desert RATS, ISRU, PLRP, FMARS / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 3(20). – С. 68–79. – EDN UQTGTI.

[2] Направления исследований и задачи подготовки космонавтов на центрифугах в интересах перспективных космических программ / П.П. Долгов, В.Н. Киршанов, И.Н. Гаврик // Пилотируемые полеты в космос: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 13–15 ноября 2019 года. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2019. – С. 205–206. – EDN RXGFGN.

ОБОБЩЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОСМОНАВТАМИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПОСРЕДСТВОМ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА В КОПИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ДО И ПОСЛЕ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

**Дикарев В.А., Симбаев А.Н., Кикина А.Ю., Чеботарев Ю.С.,
Никитов Э.В., Агаркова Ю.С., Швецов В.В., Белявцев С.Н., Гришина И.А.,
Булгаков А.В., Беляев Д.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Выполнение задач, направленных на обеспечение функционирования пилотируемых космических аппаратов, исследование космических тел (Луны, Марса, астероидов) на начальной стадии представляется возможным за счет использования, в том числе, робототехнических систем (РТС). Изучение аспектов применения РТС для поддержания деятельности членов экипажа в рамках исследований при участии ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» проводятся как в теоретических научно-исследовательских работах, так и в ходе разработки методической документации и наземной подготовки космонавтов [1–3]. В 2022–2023 годах проведены экспериментальные исследования (ЭИ) возможности выполнения космонавтами операторской деятельности при управлении движением транспортного средства (ТС) посредством антропоморфного робота (АР) в копирующем режиме телеуправления. Одной из главных целей ЭИ является оценка динамики изменения качества выполнения космонавтами операторской деятельности посредством физических образцов РТС до и после космического полета. В ходе проведения ЭИ решаются следующие задачи:

- оценка возможностей и особенностей выполнения космонавтами операторской деятельности при управлении движением ТС по специальной трассе посредством АР в копирующем режиме телеуправления;
- получение экспериментальных данных ЭИ непосредственно до и после длительных космических полетов с использованием РТС;
- оценка динамики изменения качества выполнения космонавтами операторской деятельности при управлении движением ТС по специальной трассе посредством АР в копирующем режиме телеуправления (до и после космического полета);
- разработка предложений по исследованию проблем взаимодействия космонавтов и различных РТС.

ЭИ выполнялись в условиях специальной трассы, построенной в круглом зале центрифуги ЦФ-18 в двух режимах:

- в режиме телеуправления на прямой видимости АР и ТС;
- в режиме удаленного телеуправления ТС посредством АР.

В режиме телеуправления на прямой видимости управление планетоходом (ТС) осуществлялось с использованием мобильного задающего устройства копирующего типа (ЗУКТ-М), в режиме удаленного телеуправления использовалось стационарное ЗУКТ (ЗУКТ-С). Исследования проводились до и после выполнения космонавтами длительного космического полета.

Выявлено увеличение времени прохождения трассы, расхода электроэнергии, суммарного угла поворота колес, уменьшение пройденного пути при управлении ТС посредством АР в сравнении с управлением ТС непосредственно космонавтом.

Литература

[1] О возможности отработки коллаборативного использования антропоморфной и манипуляционной робототехнической системы для операционной поддержки внекорабельной деятельности космонавтов / В.А. Дикарев, А.Ю. Кикина, Ю.С. Чеботарев, Э.В. Никитов, М.В. Кондратенко, Ю.С. Агаркова // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 3(44). – С. 69–84.

[2] Исследование возможностей использования робототехнических систем для поддержания операторской деятельности экипажей и формирования экосистемы / микроклимата сотрудничества / В.А. Дикарев, В.И. Дубинин, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина, Ю.С. Чеботарев, Э.В. Никитов, И.А. Розанов // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 15–31.

[3] Экспериментальные исследования вестибулярной устойчивости космонавтов при управлении робототехническими системами в виртуальной среде: постановка, проведение, результаты / В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина, Ю.С. Чеботарев, Э.В. Никитов, Ю.С. Агаркова, Д.Н. Луцевич, Я.Ю. Миняйло, Т.Б. Кукоба, К.С. Киреев // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 3(48). – С. 5–20.

ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ ОПЕРАТОРОВ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ НА СИМУЛЯТОРЕ ЛУНОХОДА

Белоусова М.Д., Сухочев П.Ю.

(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

Счастливецва Д.В., Швед Д.М., Лебедева С.А.

(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Копнин В.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Для тестов выбрана модель лунохода [1, 2], ранее созданная МГУ в рамках совместного проекта с ООО «Лин Индастриал» [3] на основе предоставленной конструкторской документации. Модель лунного кратера была создана по данным карты высот (NASA) и фотосъемки поверхности с лунных орбитальных станций. Кратер рядом с горой Малаперт в районе южного полюса был выбран как наиболее предпочтительный для организации лунной станции: 89 % времени светло, продолжительность ночи не более 6 суток, возможно наличие льда в соседних затененных кратерах, прямая видимость Земли, хорошие условия для связи и достаточно ровная поверхность для посадки.

Гибкая в плане адаптации и модификации модель транспортного средства была успешно применена для совмещения визуальной и динамической имитации на центрифуге ЦФ-18 движения колесного транспортного средства по лунной поверхности [4] и позволила интегрировать систему оценок качества операторской деятельности в условиях ограничений времени, ресурсов, и оценку его функционала при наличии антагонистических факторов и возмущений, вызванных как псевдослучайными моделируемыми неисправностями, так и поломками, вызванными ошибочными действиями оператора.

Реализация этой модели с визуализацией в шлеме виртуальной реальности Total Vision (Россия) была успешно применена в рамках изоляционных экспериментов Луна-2015, SURIUS-17, 19, 21 [5], проводилась оценка параметров операторской деятельности при наличии имитации физиологических аспектов лунной гравитации [6].

С применением адаптированной для экрана портативного компьютера версии программно-аппаратного комплекса симулятора лунохода были проведены послеполетные сеансы с 4 космонавтами в рамках эксперимента «Созвездие» на тренажере «Выход», на 4-е сутки после возвращения из долговременного космического полета. Сеансы состояли из короткой тренировочно-ознакомительной сессии (15 мин.), проводившейся без использования скафандров и системы обезвешивания, и сеанса управления виртуальной моделью лунохода в скафандре «Орлан» с обезвешиванием, имитирующим лунную

гравитацию (15 мин.). В рамках каждого сеанса космонавты, в среднем, предпринимали до 3 попыток выполнения задачи. Методика выполнялась после других операций внекорабельной деятельности (ВКД), моделируемых в рамках эксперимента «Созвездие». Дополетные тренировочные и фоновые сеансы в данной выборке не проводились, что не позволяло полностью сформировать операторский навык.

Успешное завершение задачи в большинстве случаев регистрировалось только при ее выполнении в рамках моделирования ВКД. В среднем, в рамках успешного прохождения миссии, космонавты затрачивали на выполнение задачи 400–500 с, длина пройденной траектории составляла 1300 м, средняя скорость – 1,4 м/с, затраты заряда батарей лунохода – 38 %, число столкновений с препятствиями – 1.

В ходе выполнения операторской задачи регистрировались параметры выполнения подзадач (зрительно-моторная реакция на имитируемые неисправности, реакция на движущийся объект – РДО, а также подзадача распознавания образов, сделанная на примере сбора грунта манипулятором). Время простой зрительно-моторной реакции составляло от 0,2 до 11 секунд. Время реакции, превышающее 0,5–1 с, как правило, было связано с тем, что оператор не обращал своевременно внимание на соответствующую сигнализацию. При первых предъявлениях РДО большинство ответов были ошибочны, при повторных предъявлениях точность возрастала до 98–99 %. Сбор образцов вызывал наибольшие затруднения: в среднем, операции были на 33 % успешны (1 образец из 3 собран в верной последовательности).

Основные критические ошибки управления, приводившие к преждевременному завершению задачи, были связаны с опрокидыванием ровера при превышении допустимых углов крена/тангажа (например, при форсировании крутых склонов), либо с наездом на препятствия на высокой скорости.

У участвовавших в эксперименте космонавтов можно выделить два основных стиля операторской деятельности: рискованный и осторожный, в целом соответствующие ранее описанным «поисковому» и «контролирующему» стилям деятельности, зависящим от личностных особенностей оператора [7]. В данных стилях управления различались скорость движения лунохода (в среднем около 1,8 и 1,2 м/с соответственно), время управления с превышением рекомендованной скорости и углов крена/тангажа (до 20–25 % от общего времени управления в случае рискованного стиля). Рискованный стиль управления позволял выполнить задачу быстрее – однако, при этом возрастала вероятность критических ошибок. При избыточно осторожном стиле управления был выше риск провала миссии ввиду истечения отведенного на задачу времени.

Выполнение работы в скафандре типа «Орлан» оказывало негативное влияние на качество деятельности. В частности, было показано, что нештатные ситуации при выполнении методики могут быть связаны с тем, что космонавт не чувствует нажатие на джойстик (и угол его отклонения). При проведении экспериментальных сеансов по данной методике установлено, что на качество операторской деятельности оказывает существенное влияние величина рабочего давления в скафандре. Перчатка скафандра также может осложнять деятельность ввиду затруднения нажатия на кнопки и клавиши с относительно небольшими размерами и ходом.

Однако следует отметить, что при выполнении задачи в скафандре на системе обезвешивания (имитация ВКД), несмотря на неблагоприятные воздействующие факторы, космонавты в среднем выполняли деятельность более качественно, чем в ознакомительном сеансе. Отмечалась лучшая фокусировка внимания на выполняемой задаче, повышенная мотивация к успешному завершению миссии.

Литература

[1] Программное обеспечение имитатора персонально управляемого колесного транспорта (SOFT). Авторы: Чертополохов В.А., Бурлаков Д.С., Лебедев А.В. № 2016619103, 12 августа 2016.

[2] Математическая модель планетохода / Д.С. Бурлаков, В.А. Чертополохов // Материалы XV Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2023.

[3] ООО «Лин Индастриал». (2015) Предложение по созданию российской лунной базы «Луна Семь» // Сайт <https://spacelin.ru/>. (<https://spacelin.ru/luna-sem/prezentatsiya/>) Просмотрено: 27.09.2023.

[4] О возможности реализации на центрифуге тренажера управления маломаневренным транспортным средством / П.Ю. Сухочев, Г.С. Бугрий, Р.А. Канищев и др. // Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2019. – С. 219–222.

[5] Белаковский М.С., Волошин О.В., Суворов А.В. Наземные эксперименты – через МКС – к дальнему космосу. Международный научный проект SIRIUS. М.: ГИЦ РФ–ИМБП РАН, 2018. – С. 19.

[6] Characteristics of operator performance in controlling a virtual lunar rover during simulated lunar gravity / E.P. Khudyakova, V.A. Sedelkova, G.G. Tarasenkov et al. // XLIV ACADEMIC SPACE CONFERENCE: dedicated to the memory of academician S.P. Korolev and other outstanding Russian scientists – Pioneers of space exploration. – AIP Publishing: 2021.

[7] Взаимосвязь личностно-обусловленных индивидуальных устойчивых поведенческих стилей с качеством и надежностью профессиональной операторской деятельности / Дудкин А.В., Сальницкий В.П., Боритко Я.С., Гушин В.И., Виноходова А.Г., Чекалина А.И., Швед Д.М., Йоханнес Б. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2013. – Т. 47, № 3. – С. 10–19.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНЕТОХОДА

Бурлаков Д.С., Чертополохов В.А.
(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

Требовалось построить модель колесного транспорта (в частности, позволяющая моделировать динамику планетохода), наиболее точно воспроизводящую как можно большее количество динамических эффектов. При этом модель должна допускать эффективную реализацию на компьютере в реальном времени.

Предложенная модель состоит из следующих составных частей:

(Ж) Колеса – не свободное, легкое, но инертное тело, модель сцепления с дорогой аналогична статье [1].

(Д) Двигатель и трансмиссия – ввиду отсутствия у коллектива доступа к экспериментальным данным используется наиболее простая модель, в которой момент подаваемый двигателем на колеса является функцией угловой скорости вращения трансмиссии и положения педали ускорения.

(А) Аэродинамическое сопротивление – применяется метод, подобный квадратичной форме вязкого трения.

(О) Корпус колесного транспорта – тяжелое твердое тело.

(Р) Подвеска и рельеф – применяется кусочно-линейная модель расчета напряжений в амортизаторах, рельеф предполагается гладким.

Приведем полную систему уравнений. Считается, что каждое колесо едет по плоскости с нормалью e_{N_i} и некоторой точкой на ней a_i . Оси $\overline{e_{\xi, \eta, \zeta}}$ являются главными осями инерции корпуса колесного транспорта. $\overline{e_{x_i, y_i}}$ продольные и поперечные оси i -го колеса. Органы управления: $\tilde{\varphi}, \tilde{B}, \tilde{T}$ – угол отклонения джойстика, положение педали тормоза и ускорения соответственно (при необходимости может управляться без педалей с помощью двухосевого джойстика). Звездочкой помечены константы (скаляры, векторы и тензоры):

$$m_o^* \ddot{\overline{x_o}} = m_o^* \overline{g^*} + \sum_i \overline{F_{P_i}} + \overline{F_A}, \quad J_o^* \dot{\overline{\omega_o}} = [J_o^* \overline{\omega_o}, \overline{\omega_o}] + \sum_i [\overline{r_{K_i}}, \overline{F_{P_i}}], \quad \dot{q}_o = \frac{q_o \times \overline{\omega_o}}{2} \quad (1)$$

$$\overline{F_{P_i}} = N_{P_i} \overline{e_{N_i}} + \overline{F_{K_i}}, \quad \overline{F_A} = -J_A^* \dot{\overline{x_o}} | \dot{\overline{x_o}} |, \quad (2)$$

$$N_{P_i} = (k_1^* L_i + k_2^* \dot{L}_i) (\overline{e_{\zeta}}, \overline{e_{N_i}}) \begin{cases} 0, & k_1^* L_i + k_2^* \dot{L}_i \leq 0 \\ 1, & L_i > L_{max}^* \\ k_{max}^*, & L_i \leq L_{max}^* \end{cases}, \quad (3)$$

$$L_i = \frac{(\overline{a_i} - \overline{x_o} - \overline{r_i^*}, \overline{e_{N_i}})}{(-\overline{e_{\zeta}}, \overline{e_{N_i}})} - L_{relax}^*, \quad (4)$$

$$\dot{L}_i = - \frac{([\overline{\omega_O}, \overline{r_i^*}] + \overline{x_O}, \overline{e_{N_i}}) (-\overline{e_\zeta}, \overline{e_{N_i}}) + (\overline{a_i} - \overline{x_O} - \overline{r_i^*}, \overline{e_{N_i}}) ([\overline{\omega_O}, -\overline{e_\zeta}], \overline{e_{N_i}})}{(-\overline{e_\zeta}, \overline{e_{N_i}})^2}, \quad (5)$$

$$\overline{F_{\mathcal{K}_i}} = |\overline{F_{\mathcal{K}_i}}| (\cos\theta_i \overline{e_{x_i}} - \sin\theta_i \overline{e_{y_i}}), \quad \overline{r_{\mathcal{K}_i}} = \overline{r_i^*} - (L + L_{relax}^*) \overline{e_\zeta}, \quad (6)$$

$$|\overline{F_{\mathcal{K}_i}}| = k N_{\mathcal{P}_i} (c_1^* - c_2^* |\sin\theta_i|) \sin \left[c_3^* + (c_4^* + c_5^* |\sin\theta_i|) \left[\frac{c_6^* N_{\mathcal{P}_i} + c_7^*}{s_i} \right]^{c_8^* - c_9^* |\sin\theta_i|} \right]^{-1}, \quad (7)$$

$$s_i^x = \frac{\omega_{\mathcal{K}_i} R^* - v_i^x}{|v_i^x|}, \quad s_i^y = \frac{v_i^y}{|v_i^x|}, \quad s_i = \sqrt{s_i^{x^2} + s_i^{y^2}}, \quad \theta_i = \arctan(s_i^y, s_i^x), \quad (8)$$

$$J^* \omega_{\mathcal{K}_i} = M_{\mathcal{D}_i} - (\overline{F_{\mathcal{K}_i}}, \overline{e_{x_i}}) R^* - \text{sign} \omega_{\mathcal{K}_i} (k_{B,i}^* \tilde{B} + k_{F,i}^*), \quad (9)$$

$$M_{\mathcal{D}_i} = \max \left\{ k_{P,i}^* \tilde{T} \frac{P_{avg}}{|\omega_{\mathcal{K}_i}| + 1}, T_{max}^* \right\}. \quad (10)$$

Приведем расшифровку обозначений:

$\overline{x_O}$ – вектор центра масс колесного транспорта;

$\overline{F_{\mathcal{P}_i}}$ – полная сила действующая на колесный транспорт со стороны колеса;

$\overline{F_{\mathcal{A}}}$ – аэродинамическая сила;

$\overline{\omega_O}$ – угловая скорость вращения колесного транспорта в локальных координатах (в главных осях);

q_O – кватернион, задающий положение корпуса колесного транспорта;

$\overline{r_{\mathcal{K}_i}}$ – положение центра i -го колеса относительно центра масс колесного транспорта;

$N_{\mathcal{P}_i}$ – нормальная реакция i -го колеса;

$\overline{F_{\mathcal{F}_i}}$ – сила сухого трения i -го колеса;

L_i – изменение длины амортизатора по отношению к недеформированному состоянию;

θ_i – угол проскальзывания i -го колеса;

$v_i^{x,y}$ – скорость пятна контакта i -го колеса;

$s_i^{x,y}$ – относительное продольное и поперечное проскальзывание;

$\omega_{\mathcal{K}_i}$ – угловая скорость вращения i -го колеса;

$M_{\mathcal{D}_i}$ – момент, переданный от двигателя на i -е колесо.

Данная модель была реализована на языке C# и применялась в симуляторах лунохода [2, 3] на базе графического программного обеспечения Unity3D.

Литература

[1] Модель движения автомобиля как основа математического обеспечения тренажерного комплекса водителя / И.В. Новожилов, П.А. Кручинин, А.В. Лебедев и др. // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2007. – № 6. – С. 31–36.

[2] Экспериментальные исследования возможности применения систем виртуальной реальности при моделировании на центрифуге управляемого движения лунохода / П.П. Долгов, В.Н. Киришанов, Е.Ю. Иродов и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 3(36). – С. 91–108.

[3] Moon landing simulation methodology, construction of the wheeled robot and arm manipulator remote control model / M.D. Belousova, V.A. Chertopolokhov, A.P. Kruchinina et al. // 22nd IAA Humans in Space Symposium Proceedings. – International Academy of Astronautics Dubai, United Arab Emirates: 2019. – P. 27–27.

ОЦИФРОВКА И ОТОБРАЖЕНИЕ В ВИРТУАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЗАЛА ЦФ-18 ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

**Мальцев Н.П., Мухамедов А.М., Чертополохов В.А.
(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)**

**Булгаков А.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Подготовка к будущим пилотируемым космическим миссиям требует инновационных методов обучения. С появлением технологий виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности возникла возможность усовершенствования процессов тренировки космонавтов за счет большей интерактивности [1].

Данное исследование фокусируется на создании виртуальной модели поверхности Луны, основанной на оцифровке и совмещении с виртуальным пространства экспериментального зала центрифуги ЦФ-18. Было проведено два этапа оцифровки. На первом этапе осуществлялась оцифровка крупномасштабных моделей, таких как стены и пол зала, через компьютерное моделирование. На втором этапе для оцифровки более мелких и детализированных объектов (например, ровер) применялась технология лидара смартфона [2]. Выбор Луны как основной площадки для моделирования был обусловлен результатами исследования параметров операторской деятельности по управлению луноходом [3], где было обнаружено, что показатели управления в симулированных условиях деградируют при увеличении психофизиологических затрат.

Разработанная модель была интегрирована в кроссплатформенную среду разработки Unity3D [4] для последующего воспроизведения и тестирования с использованием VR-системы HTC Vive Focus 3 [5]. Итоговое тестирование показало, что текущее аппаратное обеспечение подходит для имитации

пешего перемещения по лунной поверхности, но дальности камер отслеживания движения недостаточно для полноценной имитации движения на лунном ровере. Следующим шагом исследования предполагается использование более качественных камер для отслеживания и имитации.

Литература

[1] NASA, Microsoft Collaboration Will Allow Scientists to ‘Work on Mars’ URL: <https://www.jpl.nasa.gov/news/nasa-microsoft-collaboration-will-allow-scientists-to-work-on-mars> (дата обращения: 25.07.2023)

[2] Патент № 2798360 С2 Российская Федерация, МПК G01S 17/08, G05D 1/00. Лидарные системы и способы определения расстояния от лидарной системы до объекта: № 2020114527: заявл. 23.04.2020: опубл. 21.06.2023 / Д.В. Соломенцев, А.В. Голиков, Н.Е. Орлов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Яндекс Беспилотные Технологии».

[3] Исследование параметров операторской деятельности по управлению луноходом в условиях моделированной лунной гравитации / Е.П. Худякова, В.А. Седелкова, Г.Г. Тарасенков [и др.] // XLIV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства: сборник тезисов: в 2 т., Москва, 28–31 января 2020 года. Т. 2. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2020. – С. 457–462.

[4] Тришин И.Г. Опыт создания программного обеспечения на базе игрового движка unity 3d для решения задач реконструкции фасадов Георгиевского собора г. Юрьев-Польский (Владимирская область) // Историческая информатика. – 2018. – № 2. – С. 68–74.

[5] Borges M. et al. HTC vive: Analysis and accuracy improvement //2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). – IEEE, 2018. – С. 2610–2615.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГИДРОЛАБОРАТОРИИ И ЦЕНТРИФУГ

**Крылов А.И., Смагарев С.Г., Захаров А.О., Спирин А.Е., Панкратов А.Ф.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Центр подготовки космонавтов является одним из исполнителей Федеральной космической программы России на 2016–2025 годы. Основным направлением работ является тренажерное обеспечение подготовки космонавтов в части создания, модернизации и обеспечения работоспособности технических средств подготовки космонавтов (ТСПК) в 2022–2025 годах.

В 2023 году большинство работ по созданию и модернизации ТСПК прошли этапы эскизного проектирования (ЭП) и РКД на которых сформирован основной функциональный и конструктивный облик ТСПК и их систем. Проблемное место при этом занимают вопросы по формированию эффективной системы метрологического обеспечения ряда систем ТСПК, включая использование систем контроля и измерений (СКИ) для этапа эксплуатации

(в первую очередь систем имитации экстремальных условий космического полета, медико-биологического контроля и динамических тренажеров и т. п.).

В докладе рассматриваются испытательно-тренировочный комплекс гидролаборатории (ИТК ГЛ) и комплекс центрифуг в составе ЦФ-7 и ЦФ-18, как наиболее сложных по функциональным задачам, техническому построению и обеспечению безопасности космонавта при прохождении обучения и тренировок на них.

Со стороны подразделений, эксплуатирующих ТСПК Центра, проявлена закономерная озабоченность в вопросах эффективной эксплуатации создаваемых вновь и модернизируемых ТСПК и их систем на этапе эксплуатации, которая сводится к организации должного контроля основных параметров систем при их периодическом техническом обслуживании на этапе эксплуатации. В основном речь идет о средствах и методах контроля, квалификации персонала и периодичности контроля.

ИТК ГЛ и комплекс центрифуг в составе ЦФ-7 и ЦФ-18 представляют собой сложный, уникальный, многофункциональный технический объект, построенный на основе последних достижений науки и промышленных технологий, который требует адекватного уровня построения его СКИ для управления техническим состоянием, определения наиболее эффективного режима функционирования и поддержания заданных технических характеристик его составных систем. Для реализации эффективной СКИ предлагается проводить:

1. Анализ состава ИТК ГЛ и комплекса центрифуг с целью идентификации типа объекта метрологического обеспечения.

2. Выбор типа СКИ и процедур метрологического обслуживания с оформлением соответствующих форменных документов: поверка средств измерений (СИ), калибровка специальных СИ и средств контроля (СК), аттестация испытательного оборудования (ИО) или техническое обслуживание с записью в паспорте/формуляре на систему.

При анализе состава изделия ИТК ГЛ и центрифуг, как объектов метрологического обеспечения, в первую очередь должно рассматривается их функциональное назначение и сведения об их использовании в сфере или вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений в соответствии с [1].

Такой подход позволит установить, использование каких систем ТСПК требует от эксплуатанта в обязательном порядке соблюдать требования нормативных правовых документов в области метрологического обеспечения.

В составе ИТК ГЛ и центрифуг могут быть изделия, идентифицируемые как: СИ или ССИ и СК, испытательное оборудование [2], опасные производственные объекты, технические системы и устройства с измерительными

функциями [3], средства медицинского контроля психофизиологического состояния космонавта и др.

Таким образом, системы контроля и измерений для каждого конкретного типа создаваемых или модернизируемых ТСПК будут определены на основе выше названных положений, результатов испытаний и дополнены при окончательной корректировке РКД.

Литература

[1] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» в редакции 2021 г.

[2] ГОСТ 8.568-2017 ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.

[3] ГОСТ 8.674-09 ГСИ. Общие требования к средствам измерений и техническим системам и устройствам с измерительными функциями.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ВРАЧА ВНУТРИ КАБИНЫ ЦЕНТРИФУГИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СКВОЗНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

**Булгаков А.В., Гришина И.А., Беляев Д.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В ходе экспериментальных исследований по сквозному моделированию космического полета, проводились исследования гемодинамики во время вращения центрифуги ЦФ-18. Определялись количественные показатели гемодинамики, характеризующие перераспределение крови при угле наклона кабины -15° во время вращения центрифуги. На данном этапе исследований, во время вращения с испытуемым в кабине находился врач для выполнения операций, связанных с УЗИ, максимальная радиальная перегрузка G_r составляла 0,45 ед. Для обеспечения возможности проведения экспериментов необходимо было организовать рабочее место врача в кабине центрифуги. Для этого были решены следующие задачи:

– размещение и обеспечение безопасности 2 человек в кабине на время проведения экспериментов во время вращения. Компонировка кабины и ее размеры позволили разместить испытуемого и зафиксировать в штатном левом кресле центрифуги, врач располагался в правой части кабины на специально установленном кресле и пристегивался к креслу ремнем безопасности.

– размещение и обеспечение работоспособности медицинского оборудования – портативный ультразвуковой аппарат «VIVID™ e» размещен перед врачом в кабине центрифуги, аппарат «СПРУТ – 2М» и ноутбук для работы с медицинским оборудованием;

– обеспечение удаленного доступа к ноутбуку, расположенного в кабине центрифуги, для оперативного контроля и работы оператора, находящегося в пультовой комнате центрифуги, с программой аппарата «СПРУТ – 2М».

– обеспечение передачи видеоизображения с экрана портативного ультразвукового аппарата из кабины центрифуги на монитор в пультовую комнату для обеспечения возможности участия дополнительного медицинского персонала и контроля за проведением эксперимента.

Решение этих задач позволило организовать рабочее места врача в кабине центрифуги и обеспечить возможность полноценного проведения экспериментальных исследований по сквозному моделированию космического полета.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРИФУГИ ЦФ-18

Брагин А.В., Швецов В.В.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Языков А.В.

(МГТУ имени Н.Э. Баумана, г. Москва)

Динамический тренажер центрифуга ЦФ-18 введен в эксплуатацию в 1980 году. За продолжительное время ее работы были выявлены проблемные места в конструкции вилки головной части. Во время технического освидетельствования конструкции центрифуги методами неразрушающего контроля в конической части вилки были обнаружены дефекты в сварных швах. Возникли трещины в нескольких местах алюминиевого коробчатого силового контура. Вся головная часть выполнена из шведского алюминиевого сплава. Привод кольца, установленный внутри вилки, снабжен шведскими электродвигателями, которые сильно устарели. Так же опыт эксплуатации показал отсутствие необходимости в испытаниях при максимальных перегрузках, которые может создавать тренажер.

В связи с описанными проблемами и недостатками была поставлена задача по разработке конструкции вилки головной части из отечественного материала, которая имела бы такие же габаритные и присоединительные размеры. Конструкцией должна быть предусмотрена возможность установки в вилку кольца с кабиной, привода кольца и его обслуживание. Так же необходимо провести расчеты вилки на прочность. Новая вилка должна выдерживать нагрузки, возникающие при перегрузке 20 g и градиенте перегрузки 3 ед./с. К модернизированному приводу кольца надо подобрать современные электродвигатели меньшей массы.

Создание общей схемы конструкции проводилось в программном комплексе AutoCad. Разработана стержневая ферменная конструкция, состоящая из конусной части и двух опорных узлов, объединенных силовым кольцевым контуром [1]. Для создания расчетной схемы накладывались связи на кольцо из стержней, моделирующее фланец вилки. Так же добавлены дополнительные массы, которые помещались в места установки на вилке кольца с кабиной, редукторов и электродвигателей привода кольца. Нагрузка на модель вилки складывалась из одновременного воздействия силы тяжести и сил, возникающих от центростремительного ускорения при перегрузке 20 g, от тангенциального ускорения при градиенте перегрузки 3 g/c. Стержни, являющиеся конечными элементами, разбиты на четыре группы по диаметрам сечений. Сечения стержней подобраны для получения равномерного распределения коэффициентов запаса в конструкции при нагрузке. Раскосы – 60 мм, продольные – 34 мм, кольца – 80 мм, держатели опорного кольца – 110 мм [2, 3].

В результате проведения статического расчета данной расчетной схемы методом конечных элементов в программном комплексе Sadas получено распределение величин коэффициентов запаса и напряжений по конечно элементной модели, а также найдены перемещения узлов расчетной схемы. Величина минимального КЗ свидетельствует о работоспособности данной конструкции. Размер максимального перемещения говорит о достаточной жесткости конструкции. В программе Kompas 3D создана твердотельная модель конструкции для оценки внешних и внутренних габаритов вилки. Подобраны электродвигатели для привода кольца.

Литература

[1] Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования: Методические указания в выполнении курсовой работы по курсу «Строительная механика установок» / В.С. Абакумов, В.А. Зверев, В.В. Ломакин, Н.В. Люкевич, А.В. Ульянов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 23 с.: ил.

[2] Перевод ASEA том А6.

[3] Перевод ASEA том А6.1

СЕКЦИЯ 6
ВНЕКОРАБЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ВОПРОСЫ ИНТЕГРАЦИИ И ДООСНАЩЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО МОДУЛЯ В РС МКС

**Верба Д.И., Панин А.А., Тарасов И.Ю.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В июле 2021 года Многофункциональный лабораторный модуль усовершенствованный (МЛМ-У) «Наука» был пристыкован в автоматическом режиме к надирному стыковочному узлу служебного модуля «Звезда» российского сегмента Международной космической станции (РС МКС).

Для интеграции МЛМ-У «Наука» в состав российского сегмента Международной космической станции в сентябре 2021 года экипажем экспедиции МКС-65 были выполнены выходы в открытый космос ВКД-49 и ВКД-50 в целях включения модуля в общую бортовую кабельную сеть и создания новых трасс перехода.

26 ноября 2021 года проведена успешная стыковка грузового корабля-модуля «Прогресс М-УМ» к российскому сегменту Международной космической станции. Он доставил на МКС «Причал» – второй российский модуль, который пополнил состав станции в 2021 году. Узловой модуль (УМ) «Причал» предназначен для наращивания технических и эксплуатационных возможностей РС МКС. Дальнейшее развитие российского сегмента станции обеспечивается за счет стыковки к узловому модулю транспортных систем, в том числе и перспективных. В целях интеграции УМ «Причал» в РС МКС в январе 2022 года экипажем МКС-66 был выполнен выход ВКД-51, задачи которого заключались в обеспечении межмодульных связей УМ и МЛМ-У, а также монтаже навигационного оборудования для будущей стыковки прибывающих кораблей «Союз» и «Прогресс».

Дальнейшая интеграция МЛМ-У «Наука» в состав РС МКС продолжилась с экипажем экспедиции МКС-67. Космонавты выполнили в период с апреля по сентябрь 2022 года четыре выхода в открытый космос: ВКД-52, ВКД-53, ВКД-54, ВКД-54А, в задачи которых входила подготовка европейского дистанционного манипулятора ERA к эксплуатации на РС МКС.

Экипаж экспедиции МКС-68 в ноябре 2022 года выполнил выход ВКД-55 в интересах подготовки дополнительного радиационного теплообменника (РТОд) к переносу на МЛМ-У «Наука». В апреле 2023 года выполнен выход ВКД-56 – перенос РТОд с МИМ1 на МЛМ-У при помощи манипулятора ERA; в мае 2023 г. – ВКД-57 по переносу шлюзовой камеры (ШК) с МИМ1 на МЛМ-У, ВКД-58 – раскрытие и интеграция в СОТР МЛМ-У радиационного теплообменника. В июне 2023 года экипаж выполнил выход ВКД-58 в интересах установки научной аппаратуры высокоскоростной передачи данных с РС

МКС на Землю РСПИ-М. Завершающим этапом дооснащения МЛМ-У «Наука» стала выход ВКД-60 по переносу с МИМ1 на МЛМ-У при помощи манипулятора ERA переносного рабочего места (ПРМ).

ВКД в интересах интеграции МЛМ-У и УМ включала в себя выполнение большого количества уникальных операций, и анализ проведенных и предстоящих работ может оказаться полезным для дальнейшего совершенствования подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности.

Необходимость проведения ВКД при взаимодействии с манипулятором ERA и оператором поддержки, управляющим манипулятором с регионального поста внутри МКС, внесли дополнения в методики проведения подготовки космонавтов к ВКД.

АНАЛИЗ ПОДГОТОВКИ КАНДИДАТОВ В КОСМОНАВТЫ В ГИДРОЛАБОРАТОРИИ ФГБУ «НИИ ЦПК ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВОДОЛАЗНАЯ ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ»

**Кудряшов В.В., Харламов А.М., Верба Д.И., Дубаневич С.Ф., Алтунин А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Подготовка кандидатов в космонавты (КК) по дисциплине «Водолазная подготовка космонавтов» (Водолазная подготовка) проводилась в апреле–мае 2023 года, впервые после завершённой реконструкции и технического перевооружения гидролаборатории (ГЛ) ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (Центр).

Водолазная подготовка КК обеспечивалась испытательно-тренировочной бригадой (ИТБ) ГЛ из состава инженерно-технических и медицинских работников, водолазных специалистов Центра.

Целями водолазной подготовки КК являлись:

- получение первичных знаний и привитие практических навыков КК при выполнении водолажных работ в ГЛ Центра в водолажном снаряжении;
- допуск КК к тренировкам по выполнению типовых операций внекорабельной деятельности (ВКД) в водолажном снаряжении в ГЛ Центра.

Выводы по результатам подготовки:

- водолазная подготовка КК на этапе ОКП выполнена в полном объеме;
- цели водолажной подготовки КК достигнуты;
- результаты водолажной подготовки подтвердили достаточность ее объема для достижения поставленных целей, а также показали высокий профессионализм испытательно-тренировочной бригады ГЛ из состава инженерно-технических и медицинских работников, водолажных специалистов Центра.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОБСЛУЖИВАЕМЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Филиппов О.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

История развития орбитальных станций проходит через несколько этапов, начиная с посещаемых («Салют»), переходя к обитаемым («Мир» и Международная космическая станция). Следующим значимым этапом в развитии модульных станций является развертывание перспективной РОС (Российской орбитальной станции). Важно отметить, что космические орбитальные станции являются обслуживаемыми, что нельзя сказать про автоматические космические аппараты, включая искусственные спутники Земли (ИСЗ). Единственным исключением в истории был успешный ремонт космического телескопа «Хаббл» [1] с использованием системы «Спейс шаттл». Это позволило провести ремонтные работы на орбите, а близкое расположение к Земле сделало «Хаббл» обслуживаемым космическим аппаратом.

В настоящее время существуют различные методы поддержания работоспособности спутников, такие как – изменение программного управления, альтернативное управление ориентацией и выключение низкоприоритетных бортовых приборов. В случае, если невозможно продлить срок активного функционирования спутника, его выводят на орбиту захоронения. В других случаях спутник перестает считаться активным, если у него израсходован запас топлива и отсутствует возможность поддерживать заданную орбиту.

Многофункциональные обслуживаемые орбитальные платформы (МООП), а также базовые модули служебных систем (БМСС) спутников [2], обладают универсальными интерфейсами для подключения научной и специализированной аппаратуры в различных комбинациях. МООП включают системы ориентации и стабилизации, двигательные установки для поддержания орбиты и обеспечивают электроэнергией подключаемые модули с полезной нагрузкой, доставляемые с Земли. Эти платформы обладают долгим сроком службы. В докладе рассматриваются два типа МООП: обитаемые и необитаемые. Кроме того, они могут взаимодействовать с дронами ВКД.

Важным аспектом при разработке многофункциональных обслуживаемых орбитальных платформ является экономическая целесообразность. Новые орбитальные объекты должны обеспечивать экономические преимущества по сравнению с традиционными искусственными спутниками Земли. Создание таких объектов также требует новых типов космических кораблей, способных функционировать в автономном режиме и обеспечивать внекорабельную деятельность при обслуживании платформ, заправке топливом и установке модулей с полезной нагрузкой.

В перспективе развития многофункциональных обслуживаемых орбитальных платформ возникает возможность пересмотреть подход к проектированию искусственных спутников Земли, уделяя большее внимание надежности систем и оценке ресурсов на срок службы научных аппаратов. Вместо проектирования отдельных космических аппаратов, можно создавать модульные комплексы полезной нагрузки на основе орбитальных платформ, на которых могут базироваться новые космические системы. Это может включать орбитальные облачные серверы для хранения данных и разработку спутников для сбора космического мусора в околоземном пространстве, что становится все более актуальной проблемой на сегодняшний день.

Литература

[1] History: How Hubble Came About – URL: <https://esahubble.org/about/history/> (дата обращения 12.09.2023).

[2] Основные параметры БМСС – URL: <https://millimatron.ru/osnovnye-parametry/kosmicheskaya-platforma> (дата обращения 12.09.2023).

ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ ДЛЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Филиппов О.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Применение беспилотных аппаратов на космической станции обеспечивает повышение эффективности выполнения задач, особенно в области внекорабельной деятельности (ВКД), и расширяет возможности выполнения этих задач.

Сейчас дроны используются только внутри космической станции [1]. Концепт предлагаемого дрона, используемого вне станции может предложить выполнение разнообразных задач, включая осмотр и фото- и видеосъемку внешних элементов станции без участия космонавта, а также предоставление дополнительного освещения и доставку инструментов.

Дроны, применяемые в космосе, в отличие от классических земных, представляют собой малые автоматические космические аппараты, что накладывает такие же требования на их конструкцию и надежность, как и для космических аппаратов.

В докладе рассмотрены методы и решения для защиты внешних элементов и поверхности станции от ударов дрона в случае нештатных и аварийных ситуаций, внедренных в конструкцию в виде надувных деформируемых неупругих полостей.

Рассмотрены различные способы функционирования космических дронов во время ВКД, включая автономное существование, подключение через специальный фал для подачи рабочего тела и электроэнергии, запуск из станции и комбинированные варианты. Предложен способ ориентации дрона с помощью Lidar [2]. Применение Lidar позволит получать информацию об ориентации дрона, скорости перемещения, и расстояния до поверхности станции.

Применение дронов на Российской орбитальной станции существенно облегчит подготовку к внекорабельной деятельности с помощью фото- и видеоматериалов рабочих зон, а так же возможность в процессе проведения ВКД осуществлять оперативную поддержку космонавтов, получая видео в реальном масштабе времени под любым, нужным ракурсом [2].

Литература

- [1] Дроны на МКС – URL: <https://habr.com/ru/articles/428956/> (дата обращения 14.08.2023).
[2] Lidar – URL: <https://habr.com/ru/articles/428956/> (дата обращения 14.08.2023).

КОМПЛЕКСНАЯ ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ К ВЫХОДАМ В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС НА РС МКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА ERA

Несмеянов В.В., Панин А.А., Тарасов И.Ю.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В 2021 году манипулятор ERA в составе Многофункционального лабораторного модуля усовершенствованного (МЛМ-У) «Наука» прибыл в состав российского сегмента Международной космической станции (МКС).

Для инициализации манипулятора ERA в составе российского сегмента Международной космической станции в 2021 году экипажами экспедиций МКС-67 были выполнены выходы в открытый космос ВКД-52, ВКД-53, ВКД-54, ВКД-54А, в задачи которых входила подготовка европейского дистанционного манипулятора ERA к эксплуатации.

В целях интеграции МЛМ-У «Наука» в состав российского сегмента Международной космической станции экипажами экспедиций МКС-68, с применением манипулятора ERA были выполнены ВКД-56 – перенос радиационного теплообменника (РТОд) с МИМ1 на МЛМ-У, ВКД-57 по переносу шлюзовой камеры (ШК) с МИМ1 на МЛМ-У, ВКД-60 по переносу с МИМ1 на МЛМ-У переносного рабочего места (ПРМ).

Для выполнения данных задач появилась необходимость комплексного подхода к подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности (ВКД),

объединяющий различные технические средства подготовки космонавтов (ТСПК) для проведения тренировок экипажей в масштабе реального времени.

На межведомственных совещаниях ЦПК, ПАО «РКК Энергия», ЦУП выработан план технической и методической реализации комплексной подготовки космонавтов к ВКД с использованием манипулятора ERA.

После реализации технической части подготовки ТСПК к совместной работе, были проведены испытания по отработке методики комплексной тренировки на тренажере «Дон – ERA» и испытательно-тренировочные работы в испытательно-тренировочном комплексе «Гидролаборатория».

При подготовке экипажей экспедиций к ВКД-56, ВКД-57, ВКД-60 с использованием манипулятора ERA, были получены важные результаты по выполнению целевых задач. Была выявлена необходимость прямого взаимодействия операторов в скафандре «Орлан» и оператора ERA на МКС. Разработаны методические приемы, которые применены в процессе бортовой подготовки и проведения ВКД с использованием манипулятора ERA.

Комплексный подход подготовки космонавтов к выходам в открытый космос на РС МКС с использованием манипулятора ERA показал свою высокую эффективность и может применяться в перспективе для подготовки к внекорабельной деятельности с использованием различных механизированных средств.

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ОПЕРАТОРОВ, СНАРЯЖЕННЫХ В СКАФАНДРЫ «ОРЛАН-ГН»,
НА ОСНОВЕ УСПЕШНОГО ОПЫТА СОЗДАНИЯ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПРЕДЫДУЩИХ ПОКОЛЕНИЙ**

**Галкина И.В., Ярковенко А.В., Кудряшов В.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)
Гайворонский Д.В., Красичков А.С., Ли Р.В., Шаповалов С.В.
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург)**

Работы, выполняемые космонавтами в открытом космическом пространстве, имеют высокий уровень сложности и физического напряжения, поэтому подготовка к внекорабельной деятельности занимает особое место в системе подготовки экипажей. Тренажером, на котором невесомость воспроизводится наиболее приближенно к реальным условиям космического полета, является испытательно-тренировочный комплекс «Гидролаборатория» (ИТК ГЛ). Для обеспечения контроля функционального состояния операторов, снаряженных в скафандры «Орлан-ГН» и выполняющих рабочие операции

в гидросреде, предназначена разрабатываемая система физиологического контроля (СФК).

Ключевым моментом при разработке и внедрении СФК является бесценный опыт создания систем предыдущих поколений и многолетний опыт их эксплуатации (с 1980 года). Знания в области эксплуатации позволили определить структуру, функциональные и технические требования, предъявляемые к разрабатываемой системе и специализированному программному обеспечению. Специалисты СПбГЭТУ «ЛЭТИ» создают новую систему, максимально используя наработки, полученные при создании систем предыдущих поколений, а также разработки сегодняшнего дня.

СФК получила принципиальные изменения [1]:

- контроль функционального состояния возможен одновременно для четырех операторов (в предыдущих системах для двух операторов).

- новая система имеет цифровой усилитель электрокардиосигнала, включающий в себя все функции, необходимые для портативных маломощных медицинских, спортивных и фитнес-приложений, регистрирующих ЭКГ и имеет три АЦП канала с высоким разрешением (24 бит). Схемотехническая реализация цифрового усилителя позволяет уменьшить влияние паразитных наводок.

- параллельно с электрокардиосигналом отображается канал «ЭКГ-R», представляющий собой результат полосовой фильтрации электрокардиосигнала. Вопрос решен с помощью цифровых фильтров программным методом в СПО.

- частота дискретизации ЭКГ сигнала составляет 2133 Гц (в прежней системе 300 Гц). Это вызвано требованиями к анализу вариабельности сердечного ритма (BCP).

- в специализированном программном обеспечении СФК реализован модуль контроля и отображения информации о подключении/отключении устройств системы, отрыве электрода на устройстве съема физиологической информации.

- аппаратура приема физиологической информации оснащена ЖК-индикатором контроля подключения к компьютеру и блоку съема и передачи физиологических сигналов, что позволяет определить прохождение сигнала через соответствующие устройства до включения основного компьютера СФК.

- в соответствии с техническим заданием устройство съема физиологических сигналов (УСФС) должно быть аналогом штатного пояса отведений (СКТБ «Биофизприбор»). На основе проведенных исследований, консультаций со специалистами СКТБ «Биофизприбор» был выбран пояс на индукционном принципе действия.

– АПФИ дополнена системой автономного электропитания, что дает возможность использовать систему в «полевых» условиях при отсутствии сетевого напряжения (или при его пропадании).

– согласно требованиям технического задания СФК должна быть рассчитана на срок эксплуатации 10 лет с гарантией 5 лет.

Таким образом, разрабатываемая система является продолжением серии хорошо зарекомендовавших систем. В новую систему вошли наработки прошлых лет. Эксплуатация предшественников разрабатываемой системы: универсально-телеметрический комплекс «Шверт-2», контрольно-измерительный телеметрический комплекс «Нимфа», модуль интерфейса физиологического контроля (25 лет) позволила накопить бесценную информацию. Макетирование на этапе эскизного проектирования утвердило концепцию построения СФК и помогло проверить новые технические решения в области схемотехники, а разработка прототипа программного обеспечения – обработку, визуализацию, архивирование и протоколирование физиологических сигналов.

Литература

[1] Новый аппаратно-программный комплекс для контроля функционального состояния оператора, снаряженного в скафандр «Орлан-ГН» / Е.Ю. Иродов, И.В. Галкина, А.В. Ярковенко [и др.] // Пилотируемые полеты в космос: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 17–19 ноября 2021 года / «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2021.– С. 267–269.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОПЕРАТОРОВ, СНАРЯЖЕННЫХ В СКАФАНДРЫ «ОРЛАН-ГН»

**Красичков А.С., Ли Р.В., Семенов К.П., Шаповалов С.В., Гайворонский Д.В.
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург)**

**Галкина И.В., Ярковенко А.В., Ларионов А.В., Гидзенко С.Ю.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Разработка системы физиологического контроля (СФК) операторов, снаряженных в скафандры «Орлан-ГН», невозможна без использования новых решений при создании аппаратно-программного и алгоритмического обеспечения.

В отличие от предыдущей системы, разрабатываемая СФК имеет цифровой усилитель электрокардиосигнала, реализованный на специализированной микросхеме, что позволяет увеличить функционал (например, становится возможным удаленно определять отрыв электрода), повысить помехозащищенность и за счет пакетной передачи данных реализовать возможность само-

диагностики системы. Однако если в предыдущих системах для уменьшения влияния различных шумов и помех, а также формирования канала «ЭКГ-R» фильтрация электрокардиосигнала осуществлялась на основе схемотехнического решения, то в новой системе это принципиально невозможно. Необходимо использовать только цифровые фильтры (на выходе микросхемы сугубо цифровой сигнал [1]).

Данное обстоятельство является одним из основных факторов, определяющих как схемотехническое построение системы в целом, так и алгоритмы обработки сигнала.

Цифровую фильтрацию можно реализовать на основе микроконтроллера блока съема и передачи физиологических сигналов (БСПФС). Однако из-за необходимости передачи большого объема данных с каждого из четырех операторов (сигналов электрокардиограммы, пневмограммы и заушной температуры, преобразованных в цифровой код) через довольно протяженный фал в купе с требованием, связанным с ограничением напряжения питания БСПФС было принято решение цифровые фильтры реализовать именно в специальном программном обеспечении (СПО). Это позволило отказаться от формирования канала «ЭКГ-R» непосредственно на основе микроконтроллера БСПФС и ограничить скорость передачи информации по фалу.

Для реализации канала «ЭКГ-R», а также уменьшения влияния сетевой наводки на канал «ЭКГ-D» были использованы цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры). КИХ-фильтры устойчивы и при реализации не требуют наличия обратной связи [2].

Данные фильтры были реализованы в СПО в режиме реального времени. Были рассчитаны коэффициенты цифрового полосового фильтра для реализации канала «ЭКГ-R». Фильтр позволяет устранить дрейф изоэлектрической линии, а также, уменьшить дисперсию миографической помехи за счет сокращения полосы пропускания сигнальной составляющей. Также были получены коэффициенты для режекторного фильтра (для борьбы с сетевой помехой частотой 50 Гц).

Важный фрагмент СПО посвящен оценки показателей функционального состояния оператора на основе анализа variability сердечного ритма (BCP). В качестве основных показателей используются:

1. Индекс напряжения регуляторных систем по Баевскому.
2. Среднеквадратичная разностная характеристика относительно состояния покоя (начала тренировки). Необходимо отдельно отметить, что для оценки функционального состояния оператора необходимо использовать текущее (мгновенное) значение данного параметра относительно начала тренировки.
3. Индекс общей variability SDNN.

Расчет индексов осуществляется в «скользящем» окне. Индексы отображаются в виде цветowych шкал. Кроме того, расчет индексов производится только для интервалов между «нормальными» кардиокомплексами, предварительно определяются и исключаются из анализа нетипичные кардиокомплексы (например, экстрасистолы).

Для оценки ВСР на первом этапе анализа осуществляется выделение R-зубцов. Процедура начинается с поиска локальных максимумов в канале «ЭКГ-R». На данном шаге учитывается тот факт, что физиологически возможное минимальное расстояние между R-зубцами не может быть меньше 200 мс. Следующим этапом алгоритма является «допоиск» вершины R-зубца непосредственно в канале «ЭКГ-D».

Необходимо отдельно сфокусировать внимание на том факте, что на основе опыта создания и эксплуатации систем предыдущего поколения, разрабатываемая система также является системой с «открытым» кодом. Это позволяет пользователю вносить изменения/дополнения в часть СПО, отвечающую за анализ ВСР.

Для проверки системы используется имитатор физиологических сигналов. В память имитатора записываются цифровые последовательности, имитирующие ЭКГ, пневмограмму и сигнал заушной температуры.

Таким образом, использование данного аппаратно-программного и алгоритмического обеспечения позволит значительно повысить функционал и надежность системы физиологического контроля операторов. Фактически создать СФК нового поколения.

Литература

[1] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/816026/T11/ADS1293.html>

[2] Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: Изд-во «Питер», 2002. – 606 с.

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СКАФАНДРУ ДЛЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

**Коренной В.С., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Жамалетдинов Н.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Для осуществления внекорабельной деятельности (ВКД) на поверхности Луны необходим новый скафандр (СК). Основными требованиями, предъявляемыми к такому СК, являются: вес скафандра (110–120 кг), автономность (не менее 10 часов), кратность применения (не менее 15 выходов), давление в СК и состав дыхательной смеси (24–40 кПа, среда кислородная). Кроме

того, необходимо обеспечить подвижность СК, температурный режим, защиту от пыли и радиации. СК должен также иметь современное информационное обеспечение [1, 2].

К СК для осуществления ВКД на поверхности Луны предъявляются определенные эргономические требования (ЭТ). Под ЭТ понимаются требования к эргатической системе «космонавт – скафандр», ее отдельным подсистемам и рабочей среде, определяемые свойствами космонавта-оператора и устанавливаемые для обеспечения оптимальной, эффективной и безопасной профессиональной деятельности.

Под эргономичностью системы «космонавт – скафандр» понимают свойство СК изменять эффективность деятельности космонавта в зависимости от степени соответствия техники физическим, биологическим и психологическим свойствам космонавта. Непосредственное значение эргономичности формируют эргономические свойства: управляемость, обслуживаемость и осваиваемость.

Управляемость определяет:

- соответствие распределения функций между космонавтом и скафандром при оптимальной структуре их взаимодействия;
- соответствие конструкции скафандра оптимальной психофизиологической структуре и процессу деятельности космонавта;
- соответствие задаваемой космонавтом напряженности деятельности, при которой достигается наивысшая эффективность управления.

Обслуживаемость определяет соответствие конструкции скафандра оптимальной структуре по его обслуживанию, что обеспечивает выполнение космонавтом операций по приведению скафандра в состояние готовности к функционированию и поддержанию этого состояния во времени (подготовка к эксплуатации, наладка, профилактика, восстановление).

Осваиваемость определяет:

- заложенные в скафандр возможности для его быстрого освоения на основе приобретения космонавтом необходимых знаний для решения задач управления и обслуживания;
- задаваемые скафандром требования к уровню профессионально значимых психофизиологических функций космонавта для осуществления его эксплуатации, как в штатных, так и нештатных ситуациях;
- заложенные в скафандр возможности для развития и совершенствования профессиональных качеств космонавта.

Экспериментальные исследования СК для осуществления ВКД на поверхности Луны должны проводиться на тренажерах типа «Выход-2» [3, 4] или на аналогах лунных полигонов [5–7].

Литература

- [1] Состав системы информационного обеспечения внекорабельной деятельности космонавтов при выполнении лунных миссий / А.А. Алтунин, А.О. Брель, П.П. Долгов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 17–19 ноября 2021 года / «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2021. – С. 240–241.
- [2] Направления применения технологий виртуальной реальности при подготовке космонавтов к внекорабельной деятельности / А.А. Алтунин, П.П. Долгов, Н.Р. Жамалетдинов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 1(38). – С. 72–88.
- [3] Экспериментальные исследования по оценке выполнения сложной операторской деятельности космонавтом после завершения годового космического полета / М.Б. Корниенко, Ю.В. Лончаков, А.А. Курицын [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 1(22). – С. 29–36.
- [4] Особенности подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне / Ю.И. Онуфриенко, А.А. Алтунин, П.П. Долгов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос: Материалы XII Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 24–26 октября 2017 года / «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2017. – С. 215–217.
- [5] Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: HMP, Desert RATS, ISRU, PLRP, FMARS / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 3(20). – С. 68–79.
- [6] Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: NEEMO, ISTAR, MARS YARD/CHAMBER, ANTARCTIC/DESERT, HI-SEAS / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной, Р.Р. Каспранский // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 4(21). – С. 43–56.
- [7] Миссии-аналоги ЕКА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: CAVES, PANGAEA, :envihab, ESOL / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной, Ю.И. Онуфриенко // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 2(31). – С. 96–113.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОБОСНОВАНИЯ ЗАДАЧ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ НА САМОЛЕТЕ-ЛАБОРАТОРИИ ИЛ-76МДК

Ельцов Р.Ю.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Полет человека в космос и дальнейшее развитие пилотируемой космонавтики потребовали создание соответствующих тренажных средств, в том числе для отработки внутрикорабельной и внекорабельной деятельности (далее – ВнутКД и ВКД). В настоящее время в Центре подготовки космонавтов используются следующие способы имитации и воспроизведения невесомости (далее – НВ):

обезвешивание с помощью подвесов (тренажер «Выход-2»);

обезвешивание в условиях гидросреды (гидролаборатория);
полет по параболической траектории (самолет-лаборатория Ил-76МДК
(далее – СЛ)).

Сравнительный анализ способов имитации и воспроизведения НВ [1, 2] показывает, что каждый из способов имеет свои особенности, достоинства и ограничения.

В системе подготовки космонавтов на СЛ используется устоявшийся подход, основанный на отработке типовых операций. При воспроизведении НВ при полетах СЛ по параболической траектории основными факторами определяющими возможность отработки типовых операций являются [3]:

- габаритные размеры лабораторного отсека (далее – ЛО) СЛ;
- длительность режима воспроизведения НВ;
- общее количество режимов НВ за полет.

Вышеперечисленные факторы накладывают существенные ограничения на возможность полноценной отработки типовых штатных и нештатных операций ВнуКД и ВКД на СЛ. Наиболее значимым фактором является ограниченная по времени (25–28 сек.) продолжительность режима НВ. Отдельные операции имеют несоизмеримо большую продолжительность (до нескольких часов) и не всегда могут быть разделены на действия, время выполнения которых соизмеримо с продолжительностью режимов НВ.

В целях совершенствования подготовки космонавтов в условиях НВ разработан новый методологический подход к определению задач подготовки космонавтов в условиях НВ при полетах СЛ, который заключается в выявлении необходимых и достаточных навыков, отработка которых позволит выполнять весь перечень типовых операций. Для этого были проведены следующие исследования:

- произведен анализ типовых операций ВнуКД и ВКД;
- составлен общий перечень типовых операций;
- произведено разложение каждой операции на действия;
- исключены повторяющиеся действия;
- определены навыки необходимые для выполнения действий;
- действия обобщены в группы по схожим навыкам;
- произведена экспертная оценка необходимости отработки навыков в условиях НВ с учетом их специфики;
- сформирован перечень навыков необходимых для отработки в условиях НВ;
- сформированы предложения для совершенствования программы подготовки.

Таким образом, исходя из многолетнего опыта проведения подготовки космонавтов в условиях НВ и выполнения космических полетов, был определен

перечень навыков, получение которых позволит космонавтам минимизировать время необходимое на освоение и выполнение практически всего спектра типовых операций в космическом полете.

Данный подход гармонично вписывается в систему подготовки космонавтов, когда типовые операции отрабатываются в полном объеме на наземных тренажерах, а специфические навыки космонавты получают в условиях НВ. Так же вышеописанная методология может быть применена к подготовке операторов в других отраслях.

Литература

[1] Моделирование в наземных условиях экстремальных факторов космического полета / П.П. Долгов, А.А. Курицын, И.Г. Сохин // Космонавтика и ракетостроение. – 2010. – № 3(60). – С. 141–147. – EDN NSBVMHJ.

[2] Анализ способов и средств имитации невесомости и пониженной весомости в наземных условиях / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.А. Шувалов // Материалы «Космического форума 2011, посвященного 50-летию полета в космос Ю.А. Гагарина». ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 18–19 октября 2011 года.

[3] Инструкция по летной эксплуатации Ил-76МДК (книга 6а).

СИСТЕМА ВИДЕОКОНТРОЛЯ ГИДРОЛАБОРАТОРИИ: ИСТОРИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

**Горлов И.В., Кондаков А.Н., Галкина И.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Подготовка к внекорабельной деятельности (ВКД) занимает важное место в тренировках экипажа по выполнению монтажно-сборочных, ремонтных, экспериментальных и других работ в открытом космосе.

Наиболее эффективным способом имитации условий, близких к условиям невесомости, при моделировании операций ВКД, в настоящее время общепризнан, так называемый метод «гидроневесомости», при котором человек в скафандре под избыточным давлением помещается в гидросреду, где ему придается нейтральная плавучесть и безразличное равновесие [1].

Для проведения тренировок космонавтов к ВКД в 1980 году была построена гидролаборатория. Первая система видеоконтроля гидролаборатории состояла из комплекса телевизионного контроля (КТК-1) «Зори-2» на базе отечественных промышленных телевизионных установок (1982 г.) и подводного видеозаписывающего комплекса (ПВК-1) на базе импортного оборудования (1983 г.).

В 2003 году введена в эксплуатацию система видеоконтроля, которая обеспечивала непрерывное визуальное наблюдение за работой страхующих

водолазов, космонавтов и специалистов испытательно-тренировочной бригады, видеозапись процесса испытательно-тренировочной работы, запись переговоров, подбор, обработку и монтаж видеоматериалов с целью создания учебных видеофильмов и отчетов по ВКД. В процессе эксплуатации системы была выполнена ограниченная интеграция системы видеоконтроля с Автоматизированной системой информационного обеспечения подготовки космонавтов, предоставившей канал для передачи данных на рабочие места, расположенные на удалении от систем гидролаборатории. Опыт, полученный Центром при решении данной задачи, стал отправной точкой к пониманию возможности интеграции ранее несвязанных территориально разнесенных средств подготовки космонавтов для обеспечения проведения синхронных тренировок по определенным задачам подготовки к космическому полету. Такими объединенными системами в дальнейшем стали гидролаборатория и тренажер «Дон-ERA».

В 2018 году была создана новая система видеоконтроля гидролаборатории (СВК ГЛ). Эта система разрабатывалась в период реконструкции гидролаборатории. В состав СВК ГЛ входит современное оборудование: видеокамеры высокого разрешения, многоканальные трехформатные видеорегистраторы с увеличенным объемом дискового пространства. Подводных подвижных видеокамер стало две: по числу операторов, снаряженных в скафандры и выполняющих рабочие операции в гидросреде.

В настоящее время проводится модернизация СВК ГЛ в части дооснащения подводным комплектом видеофиксации (ПКВФ) с расположением видеокамер на скафандрах «Орлан». Это решение позволит осуществлять визуальное наблюдение за действиями операторов в скафандрах «от первого лица», повысит качество обучения космонавтов, безопасность инженерно-технического сопровождения испытательно-тренировочных работ.

На повестке дня остро стоит вопрос по переходу на отечественное программное обеспечение в соответствии с Указом президента № 250 от 01 мая 2022 года Российской Федерации «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации». Ситуация с остановкой поставок зарубежного программного обеспечения, ужесточение законов в области информационных технологий и информационной безопасности, выявляют необходимость превентивной замены зарубежного программного обеспечения и оборудования на отечественные аналоги.

В состав СВК ГЛ входит различное программное обеспечение. Часть программного обеспечения осуществляет управление аппаратурой по локальной сети, другая предназначена для ведения видеоархива, заполнения электронных журналов, просмотра/создания/редактирования документов и электронных таблиц, обработки видеоматериалов, записи/копирования дисков. Основными

особенностями используемого программного обеспечения является ориентированность на Windows-архитектуру и ограниченная, либо отсутствующая во все, поддержка со стороны производителей этого программного обеспечения.

В настоящее время работниками Центра проводится тестирование программного обеспечения, используемого на персональном компьютере СВК ГЛ, с целью определения возможности запуска и полноты функциональных возможностей приложений Windows в среде WINE на ОС Linux.

В случае если эти приложения в среде WINE не будут обеспечивать весь необходимый функционал, то удаленное управление некоторыми составными частями СВК ГЛ по локальной сети может быть заменено на управление непосредственно с лицевой панели. Остальное программное обеспечение будет заменено на аналоги. Полученные результаты тестирования могут быть использованы при переходе на отечественное ПО составных частей испытательно-тренировочного комплекса «Гидролаборатория».

Предварительный анализ показал, что при переходе на отечественную операционную систему, функциональные возможности СВК ГЛ будут сохранены.

Литература

[1] Гидролаборатория. Технологические системы и оборудование / ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». – Звездный городок, 2012.

СИСТЕМЫ СВЯЗИ ГИДРОЛАБОРАТОРИИ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Синельников Н.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Испытательно-тренировочные работы в гидролаборатории – комплекс работ, проводимых составом испытательно-тренировочной бригады (ИТБ) с использованием технологических систем гидролаборатории (ГЛ), водолазного снаряжения, гидроаналогов скафандров (СК) и экспериментального оборудования.

Испытательно-тренировочные работы (ИТР), проводимые в ГЛ, подразделяются на следующие виды: испытательные, тренировочные и подводно-технические (по обслуживанию технологического оборудования и резервуара ГЛ) [1].

В настоящее время используются две системы для обеспечения связью членов ИТБ:

1. Система подводной и наземной (ДЕСТ) связи гидролаборатории (СПНС ГЛ), предназначенная для организации подводной и наземной конференц-связи между испытателями в СК и членами испытательной бригады.

2. Гидроакустическая система связи для обеспечения испытательно-тренировочных работ в условиях моделированной невесомости в гидролаборатории (ГАСС), предназначенная для обеспечения качественной односторонней связью между руководителем ИТР, руководителем водолазных спусков и водолазами, работающими в гидросреде.

Для создания резервной системы связи, основанной на других стандартах связи, в частности Wi-Fi, в 2020-м году был разработан эскизный проект на СЧ ОКР «Создание специализированной системы подводной и наземной (Wi-Fi) связи». Предусматривалось построение системы на базе оборудования компании CISCO и Специального программного обеспечения (СПО) IP Forum, предназначенного для установки на это оборудование.

В связи с экспортными ограничениями поставок на российский рынок высокотехнологичного иностранного оборудования и программного обеспечения, в 2022 году на этапе разработки конструкторской документации было принято решение о замене оборудования CISCO на аналоги оборудования доступные к закупке на территории РФ. В частности, предлагается использовать оборудование отечественного производителя ООО «ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭЛТЕКС» под брендом ELTEX (Wi-Fi точки доступа, контроллеры, коммутаторы). Кроме того, у ELTEX есть решения о замене СПО Системы виртуального IP АТС на базе CISCO «IP FORUM» на отечественную разработку программно-аппаратного комплекса «ECSS-10» с соответствующими лицензиями и сопровождением.

Замена оборудования CISCO на аналогичное и отечественное оборудование предоставит возможность построения ССПНС на его базе без потери качества изделия. Кроме того, положительный опыт использования отечественного сетевого, коммутационного оборудования и СПО будет работать на перспективу по созданию подобных систем.

Литература

[1] Технологические системы и оборудование гидролаборатории. – Звездный городок, 2003. – С. 98–111.

ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Филиппов О.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Во время выполнения задач в открытом космосе на внешней поверхности Международной космической станции, космонавты используют страховочные средства, такие как фалы с карабинами и страховочные лебедки.

На данный момент существуют технологии, которые позволяют космонавтам осуществлять перемещение без использования страховки. Эти технологии включают в себя отечественную установку спасения космонавта (УСК), разработанную АО «НПП «Звезда» [1], а также американскую установку Simplified Aid For EVA Rescue (SAFER) [2]. SAFER не является полной заменой традиционному способу с использованием страховки и используется только в случае потери физического контакта космонавта с поверхностью станции.

Предлагается создать платформу для ВКД, которая может быть внедрена на перспективной Российской орбитальной станции (РОС). Эта платформа представляет собой небольшой космический аппарат, который соединяется с орбитальной станцией специальным фалом для подачи топлива и электроэнергии. Платформа имеет конструкцию в виде четырехугольной призмы с креплениями для укладок на боковых сторонах. Платформа способна транспортировать инструменты и научное оборудование к месту проведения ВКД. Она оборудована двигателями коррекции и гиродинами для ориентации и стабилизации, а также светодиодными точками для освещения рабочей зоны, периферийными видеокамерами для проведения видеотрансляции ВКД.

Платформа обеспечивает мобильность и возможность перемещения над всей поверхностью станции. Для предотвращения столкновений платформы со станцией во время ВКД, рассматривается использование алгоритмов программного обеспечения, которые базируются на координатном перемещении платформы и датчиках расстояния. Это позволяет ограничивать перемещение платформы в непосредственной близости станции. Платформа также может обеспечивать дополнительное рабочее место для оператора, стабилизируя свое положение и уменьшая скорость движения вблизи поверхности станции.

Использование такой платформы позволит космонавтам безопасно перемещаться во время ВКД без необходимости использования классических страховочных средств.

Литература

[1] Описание УСК – URL: <http://www.zvezda-npp.ru/ru/node/76> (дата обращения 13.09.2023).

[2] SAFER – URL – URL: https://www.nasa.gov/missions/shuttle/f_saferspacewalk.html (дата обращения 14.09.2023).

**ПЕРСПЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ
ПЛАВУЧЕСТИ И ОРИЕНТАЦИИ СК «ОРЛАН-МК-ГН»
В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ НЕВЕСОМОСТИ В ГИДРОСРЕДЕ**

Филиппов О.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Современная тренировка космонавтов в условиях гидросреды предполагает использование грузов для обеспечения нейтральной плавучести скафандра «Орлан-МК-ГН». Количество грузов подбирается индивидуально под каждого оператора, находящегося в скафандре «Орлан-МК-ГН» и дополнительно изменяется в ходе проведения тренировки для придания нужного положения в гидросреде. Такой подход иногда отнимает много времени. Поэтому существует потребность в разработке более эффективной системы автоматической регулировки плавучести.

В докладе предложена концепция системы автоматической регулировки плавучести и ориентации (САРПО) с использованием специальных модулей, работающих по принципу подводной лодки [1]. Эти модули устанавливаются на скафандр и способны частично заполнять полости водой или выталкивать ее подаваемым воздухом, обеспечивая нейтральную плавучесть и нужное положение скафандра в гидросреде.

Внедрение системы автоматической регулировки плавучести и ориентации позволит космонавтам более эффективно отрабатывать операции внекорабельной деятельности в условиях моделированной невесомости, улучшая качество и безопасность подготовки.

Литература

[1] Устройство и принцип подводной лодки – URL: <https://glavpaluba.ru/shipbuilding/1087-ustrojstvo-podvodnoj-lodki> (дата обращения 15.09.2023).

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВЫПОЛНЕНИЯ КОСМОНАВТАМИ СЛОЖНОЙ
ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТРЕНАЖЕРЕ «ВЫХОД-2»
ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ**

Коренной В.С., Долгов П.П., Иродов Е.Ю.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Объектом экспериментальных исследований является эргатическая система «космонавт–скафандр», размещенная в системе обезвешивания тренажера «Выход-2».

Целью экспериментальных исследований является оценка возможности выполнения космонавтом управления системами скафандра и другим оборудованием в процессе шлюзования и ВКД, отработка отдельных типовых операций ВКД, получение экспериментальных данных о времени и качестве выполнения данных операций [1].

Задачи исследований:

1. Оценка возможности и качества выполнения космонавтом операций по управлению системами скафандра в процессе ВКД.
2. Оценка возможности и качества выполнения космонавтом отдельных типовых операций ВКД в скафандре, обезвешенным в вертикальном положении.
3. Получение экспериментальных данных о качественных и временных параметрах выполнения операций по:
 - управлению системами скафандра в процессе ВКД;
 - отработке отдельных типовых операций ВКД и получение экспериментальных данных о качестве выполнения данных операций.

Для проведения экспериментальных исследований на тренажере «Выход-2» используются макеты малого исследовательского модуля – МИМ 2 и переходного отсека – ПХО. В процессе проведения экспериментальных исследований космонавт обезвешивался до лунной или марсианской гравитации, что позволяло моделировать напланетную деятельность [2–4].

В период с 2013 по 2022 год включительно в рамках НИР «Созвездие» было проведено 42 экспериментальных исследования по оценке возможности выполнения сложной операторской деятельности космонавтами после совершения длительного космического полета на РС МКС, в том числе:

- фоновые параметры – 27;
- послеполетные параметры – 15.

По различным объективным причинам космонавтами не было выполнено 2 эксперимента по снятию фоновых параметров и 12 – по снятию послеполетных параметров.

Четыре космонавта дважды принимали участие в экспериментальных исследованиях.

На основании экспериментальных исследований было оформлено 13 рабочих материалов по сравнению временных показателей выполнения типовых операций космонавтами до и после полета.

В процессе экспериментальных исследований космонавты отрабатывали различные типовые операции. Был выполнен анализ времени и качества выполнения данных операций [5].

Результаты эксперимента зависят от подготовленности космонавта, его физических и физиологических особенностей, длительности космического

полета. Общими тенденциями являются увеличение общей продолжительности выполнения дополнительных операций (отдых) и общего времени выполнения запланированных типовых операций.

Трудностей при работе руками после полета у космонавтов не возникало, так как руки во время полета постоянно заняты выполнением практически всех работ, а нагрузки на ноги и перемещений по поверхности в вертикальном положении не было. Уверенность в проведении эксперимента космонавтам дает опыт выполнения реальных выходов в открытый космос.

Литература

[1] К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны / Е.Ю. Иродов, П.П. Долгов, В.С. Коренной [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 1(26). – С. 71–89.

[2] Экспериментальные исследования по оценке выполнения сложной операторской деятельности космонавтом после завершения годового космического полета / М.Б. Корниенко, Ю.В. Лончаков, А.А. Курицын [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 1(22). – С. 29–36.

[3] Исследование операторской деятельности космонавтов при выполнении операций внекорабельной деятельности после длительных космических полетов / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной // Пилотируемые полеты в космос: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 13–15 ноября 2019 года / «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2019. – С. 264–266.

[4] Особенности подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне / Ю.И. Онуфриенко, А.А. Алтунин, П.П. Долгов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос: Материалы XII Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 24–26 октября 2017 года / «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2017. – С. 215–217.

[5] Исследование качества работы космонавтов при моделировании условий ВКД на поверхности Марса в экспериментах с участием экипажей МКС/ Б.И. Крючков, М.М. Харламов, П.П. Долгов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 3(40). – С. 43–60.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО И ПРИРОДНОГО АНАЛОГОВ ЛУННОГО ПОЛИГОНА

**Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Долгов П.П.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Исследования возможностей моделирования деятельности человека на поверхности Луны показали, что наземные аналоги лунных полигонов являются одними из инструментов для поддержки разработки, демонстрации и проверки новых технологий и эксплуатационных концепций, а также подготовки космонавтов в интересах обеспечения программ полетов на Луну [1–4].

На искусственном аналоге лунного полигона (ИАЛП) предполагается имитировать микрорельеф и грунт лунной поверхности, светотеневую обстановку, а также, в отдельных зонах, условия работы космонавта в скафандре на лунной поверхности при воздействии лунной гравитации.

ИАЛП позволит проводить исследования возможностей космонавтов выполнять операции на лунной поверхности, а также проводить практические занятия и тренировки космонавтов на площадках с имитацией типовых вариантов лунного микрорельефа и грунта (по своим характеристикам и свойствам, близким к лунному) с использованием полноразмерных макетов луноходов, лунного взлетно-посадочного корабля, модулей лунной базы, макетов связного, навигационного, геологического и другого оборудования, геологических и других инструментов для ВКД.

ИАЛП должен включать в себя ангар, помещения для хранения и обслуживания макетов, помещения для размещения поста управления тренировками (испытаниями) и специалистов центра управления полетами с группой научной поддержки экспериментов, технологические системы и средства обеспечения проведения испытательных и тренировочных работ.

Для исследования возможностей и отработки навыков пешего передвижения космонавтов в скафандре по лунной поверхности, а также выполнения операций по развертыванию и обслуживанию целевого оборудования в ИАЛП должен размещаться стенд для моделирования лунной гравитации.

На ИАЛП должны быть созданы зоны имитации типовых участков лунного микрорельефа, обеспечивающие возможности обучения космонавтов перемещению на макете негерметичного пилотируемого лунохода, взаимодействию космонавтов с луноходами разных типов и робототехническими средствами поддержки ВКД, работе со специальным геологоразведочным научным оборудованием и приборами, проведению операций бурения.

Для целей подготовки космонавтов возможно использование естественного, природного участка местности, который может являться природным аналогом лунного полигона (ПАЛП). Ландшафт и климатогеографические условия ПАЛП должны с высокой степенью подобия имитировать обширные участки территории Луны, имеющие сложный рельеф (кратеры, россыпи камней и каменные гряды вблизи кратеров, наличие значительных по величине уклонов поверхности, отложения рыхлого грунта на склонах кратеров) и различные свойства грунта (лунного реголита), а также воздействие экстремальных температур и лунной пыли (подлежит определению).

ПАЛП обеспечит возможность подготовки космонавтов по дополнительным операциям, таким как:

пешие перемещения в скафандре на большие расстояния по сложному рельефу и ориентирование на незнакомой местности;

– перемещения на негерметичном и герметичном пилотируемых луноходах с различными видами оборудования на большие расстояния по сложному рельефу;

– проведение картографирования местности, инструментальных измерений, бурения, забора образцов грунта и сбора образцов минералов на протяженных сложных маршрутах при подготовке к выполнению задачи широко-масштабной геологоразведки;

– отработка операций поиска лунных посадочных платформ и перемещения к ним для инспекции и разгрузки;

– отработка технологий сервисного обслуживания объектов лунной инфраструктуры с использованием сервисного лунохода тяжелого класса.

Литература

[1] Особенности подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне / Ю.И. Онуфриенко, А.А. Алтунин, П.П. Долгов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 24–26 октября 2017 года. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2017. – С. 215–217. – EDN YOYZGX.

[2] Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: HMP, Desert RATS, ISRU, PLRP, FMARS / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 3(20). – С. 68–79. – EDN UQTGTI.

[3] Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: NEEMO, ISTAR, MARS YARD/CHAMBER, ANTARCTIC/DESERT, HI-SEAS / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной, Р.Р. Каспранский // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 4(21). – С. 43–56. – EDN XXMFNN.

[4] Миссии-аналоги ЕКА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: CAVES, PANGAEA, :envihab, ESOL / П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной, Ю.И. Онуфриенко // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 2(31). – С. 96–113. – DOI 10.34131/MSF.19.2.96-113. – EDN OKICUM.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРЕНАЖЕРА «ВЫХОД-2» В РАМКАХ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Водяникова А.В.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Согласно исходным данным на средства подготовки космонавтов космического комплекса Российской орбитальной станции (СПК КК РОС), в орбитальном комплексе РОС предусмотрен шлюзовой модуль (ШМ) для

выполнения выходов в открытый космос. Следовательно, необходимо осуществить глубокую модернизацию тренажера «Выход-2» в целях подготовки космонавтов в рамках РОС и для перспективных лунных миссий.

Задачей, решение которой обеспечивает достижение поставленных целей, является расширение возможности подготовки космонавтов и проведения экспериментальных исследований в части:

- подготовки и использования скафандров для внекорабельной деятельности (ВКД) при выходах в открытый космос;
- управления комплексом средств шлюзования и выполнения процедуры шлюзования из МИМ-2 РС МКС, ШМ КК РОС;
- выполнения отдельных типовых и целевых операций ВКД на орбитальных станциях и перспективных задач ВКД;
- экспериментальных исследований по задачам планетарной деятельности;
- экспериментальных исследований в условиях моделирования различной гравитации и эргономической оценки использования технических средств и инструмента для ВКД.

В результате анализа исходных данных и перспектив развития пилотируемой космонавтики можно дать рекомендации для модернизации тренажера «Выход-2».

Учитывая временные рамки создания РОС, следует приступить к модернизации тренажера «Выход-2» в 2026 году. При этом предлагается создать новую систему обезвешивания скафандров в декартовых координатах, что позволит существенно увеличить рабочую зону тренажера и возможности для одновременной подготовки космонавтов как в рамках миссий на МКС, так и на РОС, а также для отработки экспериментальных исследований в условиях моделирования различной гравитации. Габариты рабочей зоны модернизированного тренажера предлагается увеличить по площади до 22,5 м на 12 м и высоты до 8 метров. Дополнительно будут предусмотрены помещение пульта контроля и управления и помещение хранения оборудования.

Особо важно модернизировать тренажер без перерыва в подготовке космонавтов по программе МКС. Поэтому, монтаж оборудования следует проводить в 2 этапа:

монтаж первой очереди системы обезвешивания тренажера на свободном месте, наращивание коммуникаций для функционирования скафандров и рабочих мест операторов на площади вновь установленной конструкции системы обезвешивания;

после демонтажа ограждения тренажера «Выход-2» и старой конструкции системы обезвешивания, монтаж второй очереди системы обезвешивания

тренажера, новых рабочих мест и систем, комплексная проверка работоспособности, монтаж новой ограждающей конструкции с интегрированными помещениями ПКУ и хранения оборудования.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ С КОСМОНАВТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ФМС СКАФАНДРА «ОРЛАН-МКС»

Соловьева Н.И.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Подготовка космонавтов и астронавтов по дисциплинам «Скафандр для внекорабельной деятельности» и «Комплекс средств шлюзования» включает в себя практические занятия на технических средствах подготовки космонавтов. Функционально-моделирующий стенд (ФМС) скафандра «Орлан-МК» является одним из самых современных стендов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Использование технологий виртуальной реальности обеспечивает высокие результаты подготовки космонавтов.

После модернизации ФМС скафандра «Орлан-МКС, завершенной в 2021 году, в составе стенда появилось виртуальное рабочее место оператора, оснащенное очками виртуальной реальности Oculus Rift с манипуляторами Oculus Touch, а также мобильное виртуальное рабочее место оператора с комплектом Oculus Rift и переносным автономным компьютером, доработанным программным обеспечением, содержащим 3D-модели Российского сегмента Международной космической станции (РС МКС), а также оборудования, используемого для выхода в открытый космос.

Наличие новых возможностей стенда в части полного погружения в виртуальную среду РС МКС с имитацией взаимодействия с объектами, динамики физических процессов, состояния отсутствия гравитации, значительно повысило реализм выполнения и восприятия всех операций, связанных с работой в скафандре для внекорабельной деятельности со средствами шлюзования при операциях до и после выхода в открытый космос. В ходе проведения практических занятий на ФМС скафандра «Орлан-МК» с использованием оборудования Oculus Rift были выявлены новые особенности при взаимодействии обучаемого с объектами виртуальной среды, переносимости вестибулярным аппаратом имитации невесомости и перемещений внутри модели РС МКС, контроля качества работы обучаемого.

Рассматриваются новые возможности стенда, цели практических занятий, особенности работы обучаемого в виртуальной среде, новые методы

его взаимодействия с инструктором при выполнении задач практических занятий, предложения по контролю физиологического состояния обучаемого и мероприятиям для более легкой переносимости вестибулярных нагрузок.

В результате обработки замечаний, предложений операторов, статистики по результатам практических занятий был сделан вывод, что использование технологий виртуальной реальности для отработки шлюзования и навыков управления системами скафандра положительно сказываются на качестве подготовки космонавтов. Хорошие результаты использования ФМС скафандра «Орлан-МК» позволяют делать выводы о целесообразности введения в состав ТСПК современных тренажеров на базе технологий виртуальной реальности [1].

Литература

[1] Киреева Е.С. База данных «Учет проведенных занятий по шлюзованию и скафандрам для выхода в открытый космос». – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2013. Свидетельство о государственной регистрации № 2013621390.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИМИТАЦИИ ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ И ОТРАБОТКЕ ОТДЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ НАПЛАНЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА САМОЛЕТЕ-ЛАБОРАТОРИИ ИЛ-76МДК

Харлашкин С.Н.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Работа человека в открытом космосе получила свое определение как особый вид профессиональной деятельности и называется внекорабельной деятельностью. Термином внекорабельная деятельность обозначается все более расширяющаяся сфера деятельности человека в открытом космическом пространстве: работы, выполняемые космонавтами на наружной поверхности космических объектов, в негерметичных отсеках, а в будущем – на поверхности планет и их спутников.

Выполняется ряд научно-исследовательских работ по исследованию способов и технических средств имитации пониженной гравитации в наземных условиях, а также с целью получения сведений о поведенческих задачах и содержащихся в них локомоторных актах, реализуемых экипажем.

В процессе данных исследований проведена экспериментальная отработка отдельных операций внекорабельной деятельности испытателями, снаряженными в габаритные макеты выходных скафандров в условиях пониженной (лунной) гравитации, воспроизводимой в процессе полета на самолете-лаборатории Ил-76МДК.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГИДРОЛАБОРАТОРИИ

**Пронин А.Б., Алтунин А.А., Верба Д.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

21 июля 2021 года с космодрома Байконур запущен многофункциональный лабораторный модуль (МЛМ-У) «Наука» [1]. В составе МЛМ-У в российский сегмент Международной космической станции (МКС) был включен роботизированный манипулятор ERA. Конструкция и способ доставки манипулятора на орбиту предполагал серию выходов в открытый космос по подготовке его к работе в составе МКС. Кроме того, концепция использования манипулятора предполагает активное участие в контуре управления, обслуживания и эксплуатации операторов ВКД.

Для проведения подготовки космонавтов в условиях гидросреды к выходам в открытый космос с использованием манипулятора ERA Европейским космическим агентством была изготовлена WET-модель манипулятора. В ходе использования WET-модели в процессе испытаний и подготовки космонавтов к ВКД специалистами положительно оценен опыт ее эксплуатации, однако, был предъявлен ряд замечаний к эксплуатационным характеристикам. Конструкция WET-модели не позволила устранить эти замечания. В связи с этим было принято решение о создании технического средства подготовки космонавтов, позволявшего устранить эти замечания.

Рассматриваются технические и эксплуатационные характеристики, а также технические особенности функционально-действующего макета манипулятора предлагаемого для использования при подготовке космонавтов к внекорабельной деятельности в гидролаборатории.

Литература

[1] Запуск модуля «Наука» запланирован на 21 июля. – URL: <https://www.roscosmos.ru/31746/> (дата обращения: 21.09.2023).

МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В СРЕДСТВАХ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Жамалетдинов Н.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)
Левшин С.А., Емельяненко В.В.
(ООО «КБ «Тренажерные комплексы», г. Новочеркасск)

Методы представления знаний имеют важное значение при выполнении любых видов научной и практической деятельности, в том числе, при подготовке к проведению внекорабельной деятельности (ВКД) космонавтов на борту МКС, при подготовке к выполнению лунных, марсианских программ.

В данной работе проводится обзор разработанных к настоящему времени моделей представления знаний [1, 2] и рассматривается возможность построения эмпирической фреймовой модели представления знаний «Подготовка космонавтов к внекорабельной деятельности» для решения задачи проведения тренировок обучаемых на тренажере [3].

Информация во фреймах представляется в виде списка именованных атрибутов (слотов), значениями которых могут быть данные любого типа, в том числе указатели на другие фреймы, что позволяет строить сети фреймов. Способ получения значений определяется видом связи с другими фреймами: АКО – с родительским фреймом, ISA – с фреймом-прототипом и др.

Модель фрейма является достаточно универсальной, существуют различные виды фреймов, которые позволяют описать предметную область и решать задачу.

Типы фреймов для поставленной задачи

Тип фрейма	Описание	Пример
Фрейм-прототип	Содержит наиболее общие абстрактные понятия, описывающие некоторое множество конкретных объектов	Человек, тренажер, обучение
Фрейм-экземпляр	Отражает знания о конкретных фактах предметной области	Петров П.П., Скафандр
Фрейм-структура	Состоит из набора характеристик, описывающий предмет, понятие	Обучаемый, тренировка, отчет
Фрейм-операция	Отображает процесс преобразования, использование объектов предметной области (состоит из набора характеристик процесса)	Перемещение по поверхности планеты, работа с оборудованием
Фрейм-ситуация	Отображает типичные ситуации, в которые может попасть фрейм-объект или фрейм-роль (содержит набор характеристик, описывающих ситуацию)	Авария, рабочий режим, нештатная ситуация
Фрейм-сценарий	Отображает типовую структуру события (содержит набор характеристик, обеспечивающих развитие ситуации по заданному сценарию)	Проведение тренировки

В работе приведена методика построения фреймовой модели: разработка фреймов-прототипов для описания абстрактных объектов и понятий заданной предметной области, определение порядка их взаимосвязей, определение конкретных фреймов-экземпляров для данной задачи, разработка фреймов-прототипов для всех возможных ситуаций, представление динамики ситуаций в виде фреймов-сценариев.

На рис. 1 приведено схематичное представление фреймовой модели для поставленной задачи.

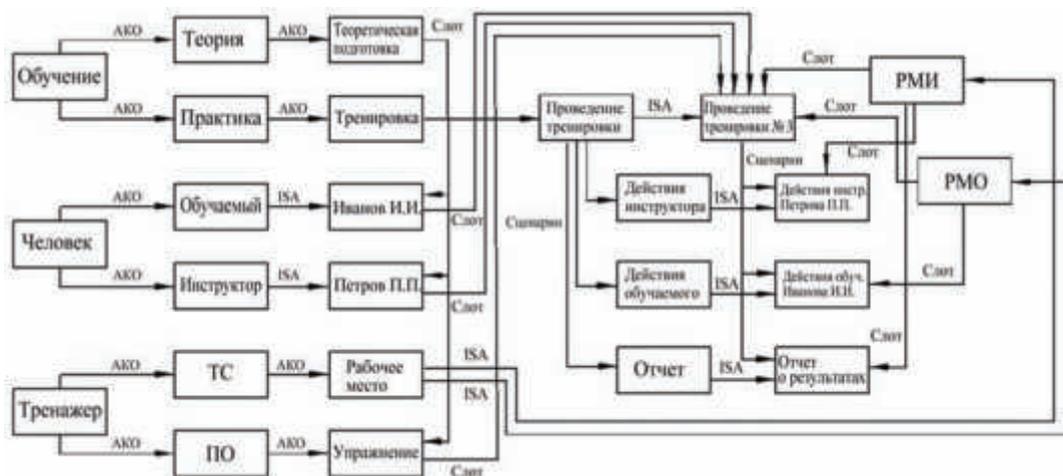


Рис. 1. Фреймовая модель представления знаний

В работе анализируются достоинства и недостатки интеллектуальной системы управления процессом, построенной на основе методов теории фреймов, возможность использования в модели комбинированных методов (нечеткой логики, нейросетей) с помощью присоединенных процедур. Приводятся примеры применения фреймовых моделей при разработке систем управления тренировками в действующих тренажерах.

Литература

- [1] Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер. – 2001. – 384 с
- [2] Ясницкий, Л.Н. Интеллектуальные системы: учебник / Л.Н. Ясницкий. – М., Лаборатория знаний. – 2016. – 221 с.
- [3] Профессиональная подготовка космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне / А.А. Алтунин, П.П. Долгов, Е.Ю. Иродов, В.С. Коренной, Ю.И. Онуфриенко // Программы исследования Луны. Идеи и новации. – 2018 – Т. 6. – № 3 – С. 58–63.

**ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ВЕНТИЛЯЦИОННОГО МАКЕТА СКАФАНДРА ДЛЯ ВКД
НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ**

**Лысова Н.Ю., Шпаков А.В., Савеко А.А., Томиловская Е.С., Смирнов Ю.И., Котов О.В.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

**Жамалетдинов Н.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Ключевой задачей, стоящей перед специалистами в области космической медицины, является обеспечение высокой работоспособности оператора скафандра в ходе внекорабельной деятельности (ВКД) на поверхности Луны, которая заключается в оптимизации биомеханических характеристик при работе в лунной гравитации, минимизации энергетических затрат на выполнение операций, определенных программой ВКД, а также минимизации риска получения травм.

Эксперименты, направленные на определение особенностей биомеханики оператора в макете скафандра и выполненные в ходе настоящей работы с вентиляционным макетом скафандра, изготовленным АО «НПП «Звезда», предназначены для выявления в конструкции изделия недостатков, которые могут ограничить оператора при выполнении операций в ходе ВКД на поверхности Луны или быть причиной потенциальной травмы. Эксперименты по определению энергетической стоимости выполнения операций оператором скафандра, подлежащие проведению в дальнейшем и совмещенные с исследованиями биомеханики, позволят как определить влияние на энергозатраты конструкции скафандра (в том числе при выполнении экспериментов с различными значениями избыточного давления в скафандре), так и найти наименее энергозатратные стратегии выполнения операций в ходе ВКД.

Исследование было проведено на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» на тренажере «Выход-2». В испытаниях приняло участие 3 космонавта, возраст 40–60 лет, рост 178–183 см, вес 72–87 кг. В данной работе проводилась сравнительная оценка биомеханических характеристик локомоций, постральной устойчивости и энергетической стоимости рабочих операций без скафандра и без вывешивания, и в скафандре с имитацией лунной гравитации (1/6 от земной).

Проведенные исследования показали, что выполнение движений в скафандре характеризовалось уменьшением объема движений, увеличением их физиологической и энергетической стоимости. Было показано, что в скафандре происходит снижение статической и динамической вертикальной устойчивости при увеличении их энергетической стоимости. Еще одной особенностью,

отмеченной испытателями, выявленной в процессе исследований, было нейтральное положение скафандра, предполагающее небольшой наклон вперед и сгибание ног в коленном и тазобедренном суставах. Характерными отличительными особенностями локомоций в скафандре, выявленными в исследовании, являются увеличение времени выполнения моторной задачи и снижение темпа передвижений. Кроме того, при выполнении всех видов локомоций в скафандре происходит снижение объема движений или подвижности в суставах нижних конечностей. Полученные результаты свидетельствуют о том, что влияние конструктивных особенностей скафандра наиболее выражено в тазобедренном суставе.

Пространственно-временные, энергетические и миографические характеристики локомоций свидетельствуют о более эффективном передвижении при выполнении моторной задачи скиппинга по сравнению с ходьбой, как в скафандре, так и без него, что позволяет сделать вывод, что в условиях лунной гравитации, с учетом ограничений, наложенных конструктивными особенностями скафандра, необходимости снижения риска получения травмы, а также по скорости передвижения локомоция «скиппинг» будет наиболее предпочтительной.

Еще одним частым видом движения при осуществлении ВКД на поверхности Луны будет являться вставание с двух колен. При выполнении данного движения испытатели не могли согнуть ногу в тазобедренном суставе из-за особенностей конструкции макета скафандра, что приводило к вынужденной опоре на носок противоположной ноги и ощутимому отклонению в сторону, что может стать причиной падения. Кроме того, при выполнении данного движения была выявлена гипермобильность голеностопного сустава, существенно повышающая риск скольжения при работе на поверхности с реголитом.

Результаты проведенных исследований показывают, что разработка скафандра, обеспечивающего высокую работоспособность оператора при выполнении ВКД на поверхности Луны, требует большого объема исследовательских испытаний изготавливаемых образцов скафандра с целью подбора оптимальных конструктивных характеристик. При этом созданная АО «ЦНИИмаш» схема кооперации, включающей в себя ГНЦ РФ – ИМБП РАН, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» и АО «НПП «Звезда», показала высокую эффективность работы и подлежит применению при выполнении последующих этапов разработки скафандра для ВКД на поверхности Луны.

Работа выполнена при финансировании Госкорпорации «Роскосмос»

СЕКЦИЯ 7

**МЕДИЦИНСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ОТБОРА, ПОДГОТОВКИ,
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ
В КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ
И ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ**

**ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЛОКАТОРОВ ЦИТОКИНОВОГО ШТОРМА
В ОБЛАСТИ ТЕРАПИИ И ПРОФИЛАКТИКИ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА
ПРИ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ**

Белогуров А.А.

**(ГНЦ ИБХ им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН,
ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России)**

Травма спинного мозга (ТСМ) является одним из немногих «необратимых» физиологических повреждений, так как глиального рубца в месте травмы на сегодняшний момент превращает человека в пожизненного инвалида. У космонавтов компрессионное повреждение спинного мозга может произойти при старте космического аппарата, а также при различных нештатных ситуациях, таких как столкновение с космическими телами и объектами, неожиданные перегрузки при выполнении маневров уклонения в течение длительного межпланетного перелета, высадке на поверхность других планет, а также непосредственно во время пребывания на них. В условиях изолированного положения околоземных орбитальных станций, и в особенности планируемых межпланетных экспедиций, полноценная помощь таким пациентам может быть оказана через месяцы и даже годы. За это время член команды не только полностью исключается из функционала экспедиции, но и имеет все шансы необратимо потерять свое здоровье. ГНЦ ИБХ РАН при участии Центра нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко разработал [1, 2] уникальную полностью охарактеризованную и стандартизированную прецизионную унилатеральную модель глиального рубца спинного мозга крыс [3–5], получаемую в результате локального охлаждения спинного мозга (зона контакта 0,8 мм в диаметре) через твердую мозговую оболочку посредством апплицирования криопроводника оригинальной конструкции [6] охлажденного до $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. В дальнейшем, разработанная модель была верифицирована [7] и всесторонне охарактеризована [8, 9], что позволило использовать ее для проведения исследований по оценке терапевтической эффективности различных лекарственных субстанций и препаратов, способствующих аксональной регенерации. Получены данные однозначно свидетельствуют об эффективности подавления локального «цитокинового шторма» блокаторами цитокинов и хемокинов иммуноглобулиновой и низкомолекулярной природы в месте повреждения для быстрого восстановления проводимости спинного мозга. В этой связи есть все основания полагать о перспективности использования данного подхода для терапии и профилактики травмы спинного мозга при космических полетах.

Литература

- [1] A.N. Minakov, A.S. Chernov, D.S. Asutin, N.A. Kononov, G.B. Telegin. Experimental Models of Spinal Cord Injury in Laboratory Rats // *Acta naturae*. – No 3 (38). – 2018. – V. 10. – P. 4–10.
- [2] G.B. Telegin, A.N. Minakov, A.S. Chernov, V.N. Manskikh, D.S. Asyutin, N.A. Kononov, A.G. Gabibov. Surgical Simulation of a Posttraumatic Spinal Cord Glial Scar in Rats // *Acta Naturae*. – No 3(42). – 2019. – V. 11. – P. 75–81.
- [3] A.N. Minakov A., A.S. Chernov, A. Sirotkin A., D.S. Asutin, N.A. Kononov, G.B. Telegin. Surgical model of spinal cord injury in rats // *Laboratory Animals*. –2019. – 53(1S). – P. 130.
- [4] G.B. Telegin G., A.N. Minakov, A.S. Chernov, V. Manskikh, D.S. Asyutin, N. Kaprovoy; A. Alekhin; N.A. Kononov; A. Spallone Modeling of glial scar by regional cryodestruction of rat spinal cord // *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*. – 2019. – V. 125 (S10). – P. 141.
- [5] G.B. Telegin, A.S. Chernov, N.A. Kononov, A.A. Belogurov, I.P. Balmasova, A.G. Gabibov. Cytokine Profile As a Marker of Cell Damage and Immune Dysfunction after Spinal Cord Injury // *Acta Naturae*. – No 3 (46). – 2020. – V. 12. – P. 92–101.
- [6] Патент на полезную модель № 212502 «Криоаппликатор для моделирования глиального рубца посредством прецизионной криоаппликации». Телегин Г.Б., Минаков А.Н., Чернов А.С., Манских В.Н., Асютин Д.С., Коновалов Н.А. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт биорганической химии им. академиком М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук (ИБХ РАН).
- [7] G. Telegin, A. Minakov, A. Chernov, V. Manskikh, S. Kaprovoy, A. Alekhin, A. Spallone. Modeling of Post Traumatic Glial Scar after Controlled Cryodestruction of Rat Spinal Cord // *EC Neurology*. No 12.9. – 2020. – P. 117–121.
- [8] G.B. Telegin, A.N. Minakov, A.S. Chernov, V.A. Kazakov, E.A. Kalabina, V.N. Manskikh, D.S. Asyutin, A.A. Belogurov Jr, A.G. Gabibov, N.A. Kononov, A. Spallone. A New Precision Minimally Invasive Method of Glial Scar Simulation in the Rat Spinal Cord Using Cryoapplication // *Front Surg*. – 2021. – 8:607551.
- [9] G.B. Telegin, A.S. Chernov, A.N. Minakov, M.V. Rodionov, V.A. Kazakov, V.A. Palikov, I.P. Balmasova, D.S. Asyutin, Y.M. Poluektov, N.A. Kononov, A.A. Kudriaeva, A. Spallone, A.G. Gabibov and A.A. Belogurov Jr. Plasma Cytokines Level and Spinal Cord MRI Predict Clinical Outcome in a Rat Glial Scar Cryoinjury Model // *Biomedicines*. – 2022. – 10, 2345.

ВОЗМОЖНОСТЬ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОТ НИЗКОДОЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИИ

**Гладких В.Д., Филин К.Н., Кубата О.В.
(ФГУП НИЦ «Фармзащита» ФМБА России, г. Химки)**

Сочетание прямых и косвенных механизмов повреждающего действия радиации на организм в условиях низкодозового воздействия (на уровне субклинических доз) определяет необходимость использования фармакологических веществ различной природы и активности в качестве противолучевых средств (ПЛС). Достижения современной радиационной фармакологии и радиобиология позволяют проводить целенаправленный поиск ПЛС, способных

модифицировать радиационные детерминированные и стохастические эффекты, накладывающиеся на индуцированное низкодозовым ионизирующим излучением (ИИ) состояние повышенной или пониженной радиорезистентности.

В механизмах противолучевого действия ПЛС защиты от субклинических доз радиации первостепенную роль играет их способность повышать, «эндогенный фон радиорезистентности». В качестве варианта систематики рассматриваемых ПЛС предложено классифицировать их на корректоры тканевого метаболизма и адаптогены. Эти, различные по химической структуре и характеру действия вещества, названы также «радиомодуляторами». Многие из них обладают антиоксидантным, антимуtagenным, противовоспалительным и др. видами активности. На молекулярном уровне при их использовании в качестве ПЛС повышение адаптационных и восстановительных возможностей организма в ранние сроки после облучения реализуется за счет ослабления ингибирующего эффекта радиации на биосинтез ДНК и белков; в более поздние – за счет активации синтеза необходимых биомолекул.

Судя по полувековой истории публикаций и полученным результатам многочисленных исследований, принцип поиска и изучения подобных ПЛС сводился к методу пробного лечения (*diagnosis ex juvantibus*), когда после введения препарата с заданными свойствами ожидали подтверждения эффекта. К настоящему времени установлено, что диапазон низкодозового воздействия радиации неоднороден не только по эффектам воздействия, но и по формирующим их механизмам, что осложняет выделение патогенетических подходов, на которые следовало бы ориентироваться при разработке новых ПЛС. Основные адаптивные защитные ответы клетки на воздействие ИИ многогранны и взаимосвязаны, обусловлены активацией антиоксидантной системы, стимуляцией системы репарации повреждений ДНК, индукцией синтеза новых белков, опосредованного протеинкиназой С и транскрипционным фактором NF- κ B в клетках критических органов, активацией радиозащитных систем (синтез эндогенных стрессорных белков – 70 Hsp, 72 Hsp) и пр. По современным представлениям сам факт облучения в субклинических дозах вызывает определенные отклики организма на разных уровнях иерархии. Но не все они одинаково значимы для дальнейшей жизни облученного организма, а, следовательно, и для целесообразности их предупреждения или коррекции.

Оценка современных возможностей фармакологической защиты от низкодозового воздействия радиации позволяет выделить несколько направлений разработки ПЛС: поиск новых препаратов, повышающих радиорезистентность организма при воздействии субклинических доз облучения; оценка возможности использования *радиомитигаторов*, (повышающих радиорезистентность при воздействии «поражающих» доз облучения), в условиях воздействия

«субклинических доз» для защиты клеточных популяций, предупреждения и модификации тканевых реакций; поиск средств снижения канцерогенного риска за счет повышения устойчивости генома к радиационным повреждениям, апоптотического и некроптотического устранения потенциальных канцерогенных клеточных единиц, использования генотерапевтических векторов и пр.

Анализ текущего состояния рассмотренных выше направлений поиска ПЛС защиты от низкодозового воздействия ИИ свидетельствует об их перспективности. Однако на сегодняшний день отсутствуют основания для аргументированной замены разработанных в 1960-е годы рибоксина, поливитаминных и витаминно-аминокислотных комплексов.

К сдерживающим факторам отбора тех или иных препаратов в качестве ПЛС защиты от низкодозового воздействия ИИ относится, в частности, недостаточная проработка методологии прогнозирования их радиозащитной эффективности. В качестве критериев, характеризующих эффективность ПЛС, рассматриваются физические и биохимические показатели (сдвиг окислительно-восстановительного потенциала в сторону восстановления, снижение напряжения свободного кислорода клетки и др.), состояние генетических структур (по тестам на количество двунитиевых разрывов ДНК, микроядерный тест и др.), возможность включения препаратом сигнальных проводящих путей, транскрипционных факторов и пр.

Дальнейшая разработка научно-обоснованных критериев эффективности ПЛС на этапе доклинической оценки, основанных на установлении, с учетом возможности межвидового переноса, корреляций между показателями повышенной резистентности (без облучения) с собственно противолучевым эффектом препарата, будет способствовать прогрессу в области фармакологической защиты от низкодозового воздействия радиации.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПРЕДПОЛЕТНОГО ПОНИЖЕННОГО ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ДИСКОВ ЗРИТЕЛЬНЫХ НЕРВОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Даниличев С.Н.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В отечественной и зарубежной научной литературе отмечаются случаи морфологических изменений органа зрения под воздействием факторов длительного орбитального космического полета (ДОКП) [1–3].

Изучение комбинированного действия неблагоприятных факторов ДОКП на гидродинамику зрительного анализатора является важной задачей экстремальной медицины. В первые сутки длительного космического полета из-за перераспределения жидкостей в организме в результате изменения действия гравитации внутриглазное давление повышается, но потом в организме космонавта происходит адаптация к гипогравитации. По-видимому, сроки адаптации гидродинамики глаза в длительном космическом полете будут индивидуально разные, но тенденция их будет направлена на снижение внутриглазного давления. Большой интерес представляет реакции зрительного нерва на эти процессы в глазах человека.

Целью данных исследований явилось изучение морфологической картины изменений в дисках зрительного нерва на 3 и 4 сутки после ДОКП.

Исследования проводились на 11 космонавтах (28 глаз), из них 6 космонавтов обследовались до и после двух длительных орбитальных космических полетов. Исследование проводилось монокулярно. Метод исследования состоял из фундускопии дисков зрительных нервов в условиях мириаза на фундускопе VISUCAM 200 фирмы ZEISS (Германия) и последующим измерением горизонтальных диаметров экскавации и самих дисков зрительных нервов для вычисления коэффициентов экскавация диск (Э/Д).

В результате исследования установлено, что коэффициенты Э/Д до ДОКП был $0,42 \pm 0,15$, после полета $0,34 \pm 0,18$. Такие изменения подтверждают снижение внутриглазного давления в ДОКП.

Литература

- [1] Оптические исследования в космосе / А.И. Лазарев, А.Г. Николаев, Е.В. Хрунов. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
- [2] T.H. Mader, C.R. Gibson, A.F. Pass, A.G. Lee, H.E. Killer, H.C. Hansen, J.P. Dervay. Unilateral loss of spontaneous venous pulsation in an astronaut // *Neuro-Ophthalmol.* – 2015. – Vol. 35. – P. 226–22.
- [3] T.H. Mader, C.R. Gibson, A.F. Pass, A.G., H.E. Killer, A.G. Lee. Optic Disc Edema in Anastronaut After Repeat Long-Duration Space Flight // *Neuro-Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 33. – P. 249–255.

**ПРОГРАММА 2 ЭТАПА ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ
РЕАБИЛИТАЦИИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА КОСМОНАВТОВ
С ПОМОЩЬЮ СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ БАЛЬНЕО-,
ФИЗИО-, ПЕЛОИДОТЕРАПИИ И РОБОТИЗИРОВАННОЙ
БИОУПРАВЛЯЕМОЙ МЕХАНОТЕРАПИИ**

**Тер-Акопов Г.Н., Корягина Ю.В., Абуталимова С.М., Абуталимов А.Ш.
(ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, г. Ессентуки)**

Важная роль в космической медицине отводится послеполетной медицинской реабилитации (ПМР) за счет реализации аспектов медицинской, физической и психологической реабилитации [1, 2]. Целью было разработать эффективную программу 2 этапа ПМР опорно-двигательного аппарата (ОДА) космонавтов с помощью сочетанного применения бальнео-, физио-, пелоидотерапии и роботизированной биоуправляемой механотерапии.

Методы и организация исследования. Работа проводилась на базе санатория им. С.М. Кирова ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в городе Пятигорске. В исследовании приняли участие 5 космонавтов мужского пола (Me (Q1; Q3) возраст 55 (52; 55) лет.

Результаты исследования и их обсуждение. Программа 2 этапа ПМР в санаторно-курортных условиях включала как высокотехнологичные методы лечения, так и лечение природными факторами: роботизированная механотерапия (РМ) ОДА, баротерапия, углекисло-сероводородные ванны, прием минеральной воды Славяновская, грязелечение, гидромассаж, ручной массаж, свободное плавание, магнитотерапия. РМ мышц туловища на роботизированном комплексе (РБК) CENTAUR была построена в режимах «круговой импульс» и «космическое вращение» с отклонением от вертикальной оси на 45° в заданных ротационных углах (0°; 45°; 90°; 135°; -45°; -90°; -135°; 180°), длительность процедуры 10–15 минут. РМ на РБК CON-TREX проводилась в режимах: – «кон-кон» – космонавт самостоятельно выполняет движения сгибания-разгибания; – «кон-экс» – космонавт постоянно прикладывает силу в направлении разгибания в суставе; – «экс-кон» – космонавт постоянно прикладывает силу в направлении сгибания в суставе; – «экс-экс» – режим постоянного сопротивления. Длительность процедуры на один сустав 15–20 минут. Всего проводилось по 10 процедур. Подробное описание всей применяемой космонавтами программы 2 этапа ПМР в санаторно-курортных условиях представлено в публикациях ранее [3].

Динамометрическое исследование мышц туловища до и после применения курса 2 этапа ПМР у космонавтов показало оптимизацию и стабилизацию общей мускулатуры спины, пресса и повышение координации

автохтонных мышц туловища. Динамометрия коленных суставов до и после курса реабилитации показала снижение параметров крутящего момента силы и повышение сбалансированности в приложении усилий мышцами сгибателями-разгибателями коленных суставов, также отмечено снижение коэффициента утомления (рис. 1).

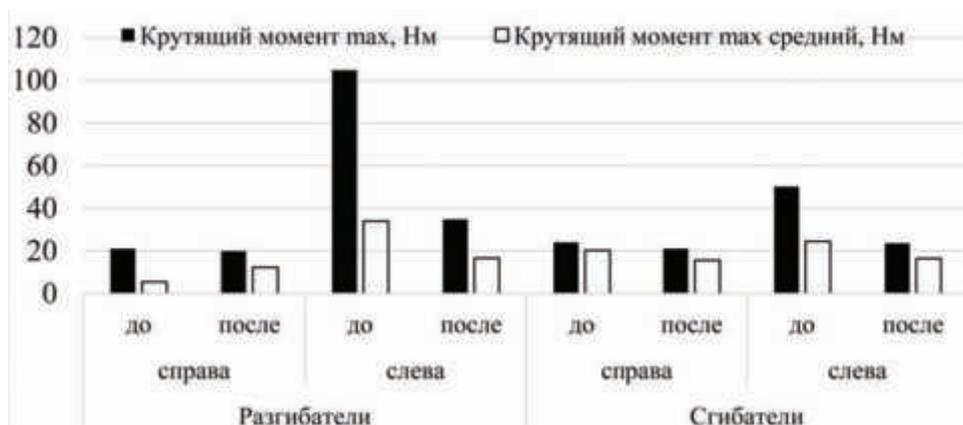


Рис. 1. Показатели крутящего момента силы (Нм) мышц сгибателей правого и левого коленного суставов космонавтов до и после курса 2 ПМР космонавтов в санаторно-курортных условиях

Заключение. Таким образом, разработанная программа 2 этапа ПМР ОДА космонавтов в санаторно-курортных условиях с применением методов биоуправляемой механотерапии является эффективной, оказывает положительное влияние на ОДА: способствует оптимизации работы мышц антагонистов, снижению излишнего напряжения в работе мышц, снижению утомления при силовой работе, а также укреплению мышц, способствующих поддержанию постурального баланса.

Литература

- [1] Активный отдых в поддержании работоспособности космонавтов / В.В. Белик, А.А. Меденков, Т.Б. Нестерович // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2016. – № 5. – Т. 50. – С. 21–23.
- [2] Богомолов В.В., Потапов М.Г., Спичков А.Н. Санаторно-курортный период реабилитации космонавтов после длительных полетов на МКС / Международная космическая станция. Российский сегмент. Космическая биология и медицина. – М.: ГНЦ РФ – ИМБП РАН. – 2011. – Т. 1. – 376 с.
- [3] Биоуправляемая механотерапия как средство лечебной физической культуры в послеполетной реабилитации опорно-двигательного аппарата космонавтов / Г.Н. Тер-Акопов, Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, А.Ш. Абуталимов // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 9. – С. 84–87.

СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ КОСМИЧЕСКИХ МИССИЙ

Коряк Ю.А.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Основываясь на теоретических соображениях, снижение функций мышц было определено как потенциальная проблема еще до полета человека в космос. Во время первых полетов было обнаружено снижение силы сокращения преимущественно мышц-разгибателей бедра и, особенно, стопы. Эти ранние эксперименты подтвердили, что потеря функций мышц действительно может быть проблемой при длительных космических полетах (КП). Космонавты/астронавты, как известно, подвергаются сниженной физической активности из-за размеров обитаемого помещения и факторов микрогравитации. Потеря костной массы, мышечная атрофия, сердечно-сосудистые, нейровестибулярные и мышечные изменения являются одними из наиболее распространенных проблем, возникающих во время длительных космических миссий [1, 2]. Сниженная двигательная активность вызывает изменение многих жизненно важных систем, в том числе нервно-мышечного аппарата (НМА), и в первую очередь отмечается снижение силы сокращения мышц, физической работоспособности, что имеет негативное последствие для здоровья [3, 4]. Эти изменения отмечаются и со стороны ЦНС [5–8]. До настоящего времени сократительные свойства мышц космонавтов исследовались при выполнении произвольных движений [9, 10] или в моделях, имитирующих КП, – «сухая» водная иммерсия, постельный режим в антиортостатическом положении [11, 12]. В исследовании представлены результаты изменений функциональных свойств НМА, на примере трехглавой мышцы голени (ТМГ), как постуральной антигравитационной мышцы [13]. Сократительные свойства ТМГ оценивали у группы космонавтов ($n=70$), членов основных экспедиций, за 30–60 суток до и на 5–6 сутки после КП. Определяли изометрическую максимальную произвольную силу (МПС), максимальную силу (P_0) в ответ на стимуляцию *n. tibialis* прямоугольными импульсами супрамаксимальной силы с частотой 150 имп/с [14], время одиночного сокращения (ВОС), время нарастания произвольных и электрически вызванных сокращений до 25, 50 и 75 % от максимума. Силовой дефицит (P_d) рассчитывали как дельта между МПС и P_0 . После КП МПС и P_0 уменьшились на ~42 % и 26 %, соответственно, и увеличился P_d на ~47 %. ВОС увеличилось на ~8 %. Скорость развития произвольного сокращения ТМГ уменьшилась и существенно снизилась максимальная dP_{nc}/dt (на 36,2 %). Анализ электрически вызванных сокращений не обнаружил существенных различий, но максимальная dP_{vc}/dt увеличилась на 44 %. Таким образом,

полученные данные показывают, что действующая программа упражнений в КП недостаточна для полного уменьшения потери мышечных функций в условиях невесомости.

Работа выполнена при поддержке РАН (№ 63.1).

Литература

- [1] G. Clément. Fundamentals of Space Medicine. El Segundo, CA: Microcosm Press. –2005.
- [2] J.C. Buckey, Space Physiology. New York, NY: Oxford University Press. – 2006.
- [3] L. Ploutz-Snyder, J. Ryder, K. English, F.K.B. Haddad. NASA evidence report: risk of impaired performance due to reduced muscle mass, strength, and endurance. – 2015. – HRP 47072.
- [4] S. Wood, J. Loehr, M. Guilliams. Sensorimotor reconditioning during and after spaceflight // NeuroRehab. – 2011. – V. 29. – P 185–195.
- [5] I.B. Kozlovskaya, V.A. Barmin, V.I. Stepantsov, N.M. Kharitonov. Results of studies of motor functions in long-term space flights // Physiologist. – 1990. – V. 33 [Suppl. 1]. – P. S1-S3.
- [6] M.F. Reschke, D.J. Anderson, J.L. Homick. Vestibulo-spinal response modification as determined with the H-reflex during the Spacelab-1 flight // Exp. Brain Res. – 1986. V. 64(2). – P. 367–379.
- [7] T. Kakebeeke. Readaptation of Neuromotor Function after Spaceflight. // Institute of Physiology University of Fribourg. – 1999. – 131 P.
- [8] D.G. Ruegg, T.H. Kakebeeke, J.P. Gabriel, M. Bennefeld. Conduction velocity of nerve and muscle fiber action potentials after a space mission or a bed rest // Clin. Neurophysiol. – 2003. – V. 114(1). – P. 86–93.
- [9] N. Bachl, R. Baron, M. Mossaheb, W. Bumba, R. Albrecht. Isokinetic force velocity and electromyographic characteristic of knee and elbow extensor and flexor muscles in the O-g environment // Proc. of the Fourth Eur. Symp. on Life Sci. Res. in Space. – Italy. – ESA SP-307. – 1990. – P. 63–68
- [10] H. Tschan, N. Bachl, R. Baron, V.V. Polyakov, I.B. Kozlovskaya. Resistance training – a strategy proposed to counteract muscular deconditioning in microgravity // 10 Years Space Biomedical Research and Development in Austria. (Hinghofer-Szalkay H., ed.). – Facultas: Wien. – 2001. – P. 95–108.
- [11] И.Б. Козловская, Л.Г. Григорьева, Г.И. Гевлич. Сравнительный анализ влияний невесомости и ее моделей на скоростно-силовые свойства и тонус скелетных мышц человека // Космич. биол. и авиакосмич. мед. – 1984. – Т. 18. – С. 22–26.
- [12] Y. Sugajima, G. Mitarai, M. Koeda, T. Moritani. Characteristic changes of motor unit activity in hip joint flexor muscles during voluntary isometric contraction during water immersion // J. Electromyogr. Kinesiol. – 1996. – V. 6. – P. 83–95.
- [13] K.M. Campbell, N.L. Biggs, P.L. Blanton, R.R. Lehr. Electromyographic investigation of the relative activity among four components of the triceps surae // Amer. J. Phys. Med. – 1973. – V. 52. – P. 30–41.
- [14] Ю.А. Коряк. Методы исследования нейромышечной системы у спортсменов // ИМБП. – М., 1992. – 63 с.

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ
МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКА И СПАСАНИЯ
ЭКИПАЖЕЙ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ,
СОВЕРШИВШИХ АВАРИЙНУЮ ПОСАДКУ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ**

**Котов О.В., Поляков А.В., Поляков М.В.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

В процессе создания перспективных космических кораблей и Российской орбитальной станции (далее – ОК РОС) с полярным наклоном рабочей орбиты полета, а также и элементов системы транспортно-технического обеспечения с нового российского космодрома «Восточный» проводится решение проблем обеспечения безопасности и проведения медицинского обеспечения (МедО) космонавтов (астронавтов) на всех этапах космического полета (КП) и, в особенности, при приземлении (приводнении) в нештатных ситуациях на территориях Крайнего Севера России (Арктики) [1]. Учитываются особенности организации поисково-спасательных работ (ПСР) в этих районах [2] и риски, обусловленные особенностями арктического рельефа, множества водных пространств, климатогеографических и экологических факторов, малонаселенности, слабого развития медицинской инфраструктуры (сети медицинских учреждений), сложности транспортной доступности и других специфических характеристик этого региона [3]. Значимость МедО чрезвычайно в связи с тем, что космонавты после приземления (приводнения) могут быть нетрудоспособны и лишены возможности самостоятельно покинуть спускаемый аппарат (СА) и выполнять необходимые действия. Состояние космонавтов (астронавтов) после посадки обуславливается системным проявлением реадaptации организма к земным условиям, последствием воздействия факторов КП в целом и/или его отдельных этапов, а также влиянием факторов нештатных ситуаций: пожаров, разгерметизаций, выбросов химических веществ и др. (включая интоксикации, гипоксию, декомпрессионные расстройства и др.), заболеваний (обострений каких-либо заболеваний), случаев травмирования при выполнении операций технического обслуживания бортовых систем и выходов в открытый космос, при нештатных процессах приземлении (например, баллистических, в неустановленных районах) [4]. Это обуславливает необходимость соответствующей подготовки и технического оснащения медицинских специалистов (МС), выделяемых для проведения МедО ПСР в районах приземления космонавтов и в процессе их медицинской эвакуации комплекса организационных, медицинских, противоэпидемических, санитарно-гигиенических и медико-технических мероприятий, направленных на сохранение (поддержание) здоровья космонавтов (астронавтов) [1]. Опыт проведения ПСР в аналогичных условиях

свидетельствует о том, что этим могут увеличатся сроки поиска, спасания, существенно осложняется условия организация МедО и оказания медицинской помощи [5]. Следовательно, до прибытия группы поиска и спасания экипажу, совершившему аварийную посадку, достаточно долгий период времени придется самостоятельно выживать в экстремальных условиях, используя для этого ограниченное по составу и количеству имущество носимого аварийного запаса (НАЗ). Рассматриваются подходы по совершенствованию технического оснащения ПСР, в том числе с использованием инновационных решений [6].

Определены проблемные вопросы, требующие решения для осуществления МедО ПСР при аварийных посадках экипажей космонавтов, оказания им медицинской помощи и осуществления медицинской эвакуации в условиях Крайнего Севера. Проанализированы правовые и организационные особенности, медико-технические оснащения МС лекарственными средствами и другим медицинским имуществом, направления решения вопросов поддержки космонавтов, совершивших аварийную посадку в месте их штатного приземления в труднодоступных районах, в случаях невозможности быстрого прибытия групп поиска и спасания.

Литература

[1] Предложения по системе медицинского обеспечения поисково-спасательных работ в районе приземления экипажей ПТК / А.В. Поляков, А.Р. Ниязов, С.О. Федяй // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 1(46). – С. 88–95.

[2] Попов В.А. Организация поиска и эвакуации спускаемых аппаратов и капсул // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2006. – № 1. – С. 113–117.

[3] Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 1(17). – С. 70–75.

[4] Баррат М.Р. Спасение космонавтов в аварийных ситуациях // Здоровье, работоспособность, безопасность космических экипажей. Космическая биология и медицина; Т. IV. – М.: Наука, 2001. – С. 402–441.

[5] Спасание пострадавших в авиационных инцидентах в Арктике / А.В. Поляков, Н.А. Грязнов, Б.И. Крючков, В.М. Усов // Воздушно-космическая сфера. – 2020. – № 2. – С. 40–53.

[6] Инновационные решения для проведения поиска, спасания и оказания помощи космонавтам на месте вынужденной посадки спускаемого аппарата транспортного пилотируемого корабля в экстремальных условиях северных климатогеографических зон / А.В. Поляков, В.М. Усов, Б.И. Крючков, Ю.П. Чернышев, А.И. Мотиенко // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 2(31). – С. 76–95.

**ВЕКТОРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ОПЕРАТОРА
ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В ГИДРОСРЕДЕ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НЕВЕСОМОСТИ**

**Кукоба Т.Б., Верба Д.И., Кудряшов В.В., Киреев К.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Отработку операций по внекорабельной деятельности (ВКД) космонавты проходят на технических средствах подготовки космонавтов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». В качестве модели, воспроизводящей эффекты невесомости, был использован испытательно-тренировочный комплекс «Гидролаборатория». Отсутствие опорной и вестибулярной информации, которое наблюдается в условиях невесомости, приводит к перестройке системы контроля позы [1, 2]. В невесомости возрастает роль зрительной информации, так как афферентный приток от других рецепторов, участвующих в регуляции позы, снижается, искажается или полностью подавляется. Однако, исследования, выполненные при наличии и исключении зрительной информации, не дали однозначного ответа на вопрос о различиях в поддержании позы [3].

Цель исследования – оценить векторную устойчивость оператора после выполнения операций ВКД в условиях моделируемой невесомости (МНВ) в гидросреде (ГС).

В исследованиях приняли участие пятнадцать операторов, из которых: один космонавт, выполнивший три космических полета (КП); один космонавт, выполнивший один КП; десять космонавтов, не имеющих опыта КП; три инструктора по подготовке космонавтов к ВКД. Возраст операторов – от 32 до 52 лет, средний рост – $178,6 \pm 2,8$ см, средняя масса тела – $83,1 \pm 8,8$ кг. Средняя продолжительность тренировок операторов в скафандре «Орлан-ГН» по выполнению типовых операций и целевых задач ВКД в условиях МНВ в ГС составила 5 часов. Внутри скафандра создавалось рабочее избыточное давление воздуха $0,4$ кг/см².

До начала тренировки и по ее окончанию проводили по 2 теста на стабиланализаторе «Стабилан-01-2». Оператор стоял на ведущей ноге в течение 60 секунд с открытыми глазами (ОГ), затем с закрытыми глазами (ЗГ) до момента потери равновесия. Статическое равновесие моноопорной позы определяли по времени удержания равновесия с закрытыми глазами.

Степень векторной устойчивости определяли путем сопоставления до и после тренировки характеристик стабิโลграмм, векторограмм и спектральных показателей, зарегистрированных в тестах с открытыми (ОГ) и закрытыми глазами (ЗГ). Анализировали следующие спектральные показатели

колебаний общего центра давления (ОЦД): мощность высокочастотных колебаний P_w (ВЧ) в диапазоне 2–5 Гц, мощность низкочастотных колебаний P_w (НЧ) в диапазоне 0,2–2 Гц, мощность очень низкочастотных колебаний P_w (ОНЧ) в диапазоне 0–0,2 Гц в сагитальной и фронтальной плоскостях.

Оценку достоверности различий между результатами, полученными до и после тренировки, осуществляли по результатам Т-критерия Стьюдента. Статистические расчеты проводили в пакете программы Excel 2010.

Анализ данных стабилотраграмм, полученных до и после тренировки показал, что после тренировки у всех обследованных операторов ухудшалась векторная устойчивость, качество функции равновесия (КФР) значительно снижалось как в тесте с ОГ ($P=0,05$), так и в тесте с ЗГ ($P=0,03$). В тесте с ЗГ значительно ($P=0,04$) увеличивалась нормированная площадь векторограммы (НПВ). В тесте с ОГ во фронтальной плоскости значительно ($P=0,001$) увеличивалась P_w (ОНЧ), в тесте с ЗГ выявлено увеличение P_w (НЧ) и P_w (ВЧ) в обеих плоскостях ($P<0,005$).

Достоверные различия дополняются тенденциями, в частности в тесте с ОГ как во фронтальной, так и в сагитальной плоскости отмечалось увеличение P_w (ОНЧ). P_w (НЧ) практически не менялась.

Заключение: Тренировки в скафандре в условиях МНВ в ГС привели к изменению поструральных характеристик, обусловленных сложными межсенсорными взаимодействиями, указывающих на снижение векторной устойчивости. В условиях ОГ вестибелярная устойчивость снижалась в меньшей степени, чем в тесте с ЗГ. В моноопорной стойке в условиях ЗГ требования к интеграции проприоцептивной и вестибулярной информации резко возрастают и, как следствие проявляются специфические особенности регуляции позы, что подтвердилось негативными статически значимыми изменениями, такими как снижение КФР и увеличение НПВ, P_w (НЧ) и P_w (ВЧ).

Литература

[1] I.B. Kozlovskaya, V.A. Barmin, Yu.V. Kreidich, A.A. Repin. The effects of real and simulated microgravity on vestibulooculomotor interaction // *Physiologist*. – № 6. – 1985. – V. 28. – P. 51.

[2] Саенко Д.Г. Представления И.Б. Козловской о воздействии микрогравитации на систему управления позой // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2020. – № 6. – Т. 54. – С. 43–49.

[3] Амирова Л.Е., Шишкин Н.В., Китов В.В. и др. Роль зрительной обратной связи в контроле вертикальной устойчивости человека до и после 5-суточной «сухой» иммерсии // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2017. – № 7. – Т. 51. – С. 31–37.

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам Центра, принявшим участие в исследовании.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМОВ ОТВЕТА ОСТРОЙ ФАЗЫ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ С ДЛИТЕЛЬНОЙ ИММЕРСИЕЙ

Ларина О.Н., Беккер А.М., Тюрин-Кузьмин А.Ю.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Ответ острой фазы (ООФ) представляет собой врожденный защитный процесс, развивающийся как реакция на воспаление, который характеризуется повышенной или сниженной продукцией гепатоцитарных белков, обозначаемых как белки острой фазы. В кратковременных (продолжительностью до 7 дней) исследованиях с иммерсией индукция ООФ наблюдалась как в период адаптации к воздействию, имитирующему состояние невесомости, так и в начальные сроки реадaptации к обычному образу жизни после окончания эксперимента [1]. События, происходящие при переходе к условиям иммерсии, могли оказывать влияние на характер изменений реактантов острой фазы в последствии, и острофазный ответ приобретал вид тандемной реакции на изменения гравитационной обстановки. Длительные эксперименты с иммерсией устраняют вероятность наложения первичных процессов, возникающих в начальные сроки иммерсии, на развитие ООФ в последствии, однако в данном случае реакции на прекращение воздействия могут быть зависимы от изменений в состоянии функциональных систем организма, обусловленных длительным влиянием условий модельного исследования. К числу таких изменений относится снижение синтеза белка, которое отмечалось в длительных космических полетах [2]. В эксперименте с пребыванием испытуемых в иммерсии в течение 3 недель были изучены особенности регуляции плазматического уровня белков, выполняющих адаптогенную функцию при ответе острой фазы, в условиях продолжительного иммерсионного воздействия.

В исследовании приняли участие 10 испытуемых, находившихся в условиях сухой иммерсии в течение 21 суток. Протоколы научных исследований были одобрены Комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Измерение концентраций $\alpha 1$ -кислого гликопротеина ($\alpha 1$ -AGP), гаптоглобина (Hp), церулоплазмينا (Cer) и трансферрина (Trf) осуществлялось в плазме крови иммунотурбидиметрическими методами с помощью коммерческих наборов реактивов. Образцы крови для исследований отбирали до иммерсии, на 3, 7, 14 сутки иммерсии, непосредственно перед выемкой испытуемых из иммерсионной ванны и дважды после окончания иммерсии – на +2 и +7 сутки последствия.

В цельной крови определяли интенсивность хемилюминесцентного (ХЛ) ответа лейкоцитов на воздействие тестового стимула (в относительных единицах)

с использованием люцигерина в качестве усилителя хемилюминесценции. Исследования ХЛ проводили непосредственно перед выходом из иммерсии, а также на +2 и +7 сутки реадаптации.

Статистический анализ данных проводили методами параметрической статистики с использованием t-критерия Стьюдента для зависимых выборок.

Признаки развертывания ООФ наблюдались как на этапе адаптации к иммерсии (существенное увеличение содержания в крови позитивных белков острой фазы $\alpha 1$ -AGP на 11 % и Hp на 46 % на 7÷14 сутки иммерсии), так и в ранние сроки восстановления: повышение концентраций $\alpha 1$ -AGP и Cer на +2 сутки по сравнению с 22 сутками иммерсии на 10 % и 12 % соответственно. Изменения уровня Tgf – негативного белка острой фазы, имели индивидуальный характер. Амплитуда ХЛ ответа крови на +2 сутки у 5 испытуемых была на 42–105 % выше, чем непосредственно перед окончанием иммерсии, что свидетельствует о повышении функциональной активности иммунных клеток в крови. Признаки подавления гепатоцитарного синтеза секреторных белков крови под влиянием длительной иммерсии выявлены не были. В результате 21-суточного иммерсионного эксперимента получены новые подтверждения индукции ООФ при переходе от продолжительного пребывания в иммерсии к обычному образу жизни.

Работа выполнена в рамках тематики РАН 65.1.

Литература

[1] Ларина О.Н., Беккер А.М. Начальные стадии адаптации к условиям, моделирующим воздействие невесомости на человека, сопровождаются изменениями плазматических уровней белков острой фазы, индуцируемыми пептидными медиаторами острофазной реакции // Иммунология. – № 4. – 2011. – Т. 32. – С. 178–184.

[2] Stein T.P., Leskiw M.J., Schluter N.D. Effect of spaceflight on human protein metabolism // Am. J. Physiol. – N 5. – 1993. – V. 264. – P. E824– E828.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ К МИКРОГРАВИТАЦИИ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Локтионова Ю.И., Жарких Е.В., Дунаев А.В.

(Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл)

Федорович А.А.

**(Национальный медицинский исследовательский центр терапии
и профилактической медицины, ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

Сидоров В.В.

(ООО НПП «ЛАЗМА», г. Москва)

Васин А.В., Дубинин В.И.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Отсутствие гравитации (или микрогравитация) при космическом полете (КП) приводит к запуску цепочки адаптационных изменений в организме человека, направленных на восстановление гемодинамического постоянства. Например, в сердечно-сосудистой системе на уровне как магистральных, так и периферических сосудов, происходит компенсация перераспределения общего объема крови в краниальном направлении. Для уменьшения стрессового воздействия невесомости во время КП и гравитации после него на Международной космической станции (МКС) применяется комплект «Чибис», который с помощью компрессора создает отрицательное давление в области нижней части тела для лучшего снабжения кровью магистральных сосудов нижних конечностей. Однако, в настоящее время актуальной проблемой остается необходимость разработки как средств коррекции влияния невесомости на периферические сосуды, так и оценка их индивидуальной эффективности.

Для регистрации параметров периферического кровотока в настоящее время активно применяются методы оптической неинвазивной диагностики, например, метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), основанный на регистрации отраженного от эритроцитов лазерного излучения, что позволяет оценивать работу механизмов регуляции микрокровотока [1]. Благодаря реализации метода ЛДФ в портативных лазерных анализаторах с беспроводной передачей данных стало возможным получение диагностической информации о системе микроциркуляции крови (МЦК) не только на Земле, но и в условиях КП [2]. В связи, с чем целью данной работы явилось изучение механизмов адаптации системы МЦК к условиям микрогравитации во время КП.

В рамках выполнения космического эксперимента «ЛАЗМА» впервые разработана методика регистрации параметров периферического кровотока в условиях микрогравитации на борту МКС с помощью распределенной системы портативных лазерных анализаторов. В исследовании приняли участие 2 члена экипажа экспедиции посещения: профессиональный космонавт

(космонавт № 1) и космический турист (космонавт № 2). Измерения проводились ежедневно на пред- и послеполетном этапах в течение 9 и 5 дней соответственно, а также непосредственно во время КП в условиях микрогравитации в течение 9 дней. Для регистрации параметров системы МЦК применялись портативные лазерные анализаторы «ЛАЗМА ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», г. Москва), реализующие метод ЛДФ, а также позволяющие регистрировать температуру кожи области измерения и движения человека. Устройства фиксировались симметрично справа и слева на висках, тыльной поверхности предплечий на 2–3 см выше шиловидного отростка, а также на дистальной фаланге третьих пальцев рук и первых пальцев ног. Время измерения в каждой области составляло 8 мин.

Наиболее выраженным адаптационным изменениям подвержены области пальцев ног и висков. Так, на 2-е и 3-и сутки КП наблюдалось значительное снижение тканевой перфузии, характеризующееся вазоконстрикцией периферических сосудов, с постепенным увеличением значений показателя микроциркуляции крови до уровня предполетных значений к 6-м суткам КП. У космонавта № 1 снижение величины перфузии в пальцах ног в период острой адаптации к условиям микрогравитации происходит в более чем 2 раза по сравнению с данными предполетного этапа. Стоит отметить, что космонавт № 2 при этом использовал профилактическое средство, предназначенное для уменьшения оттока крови из нижней части тела, что привело к формированию высокоамплитудных колебаний, природа которых обусловлена изменением концентрации оксида азота – продукта функционирования эндотелия.

Таким образом, в данном исследовании впервые разработана методика регистрации параметров периферического кровотока в конечностях и коже головы космонавтов в период острой адаптации к условиям микрогравитации и реадaptации после завершения КП. Полученные новые знания о влиянии микрогравитации на систему МЦК позволяют проводить персональный мониторинг состояния участников КП для отслеживания периода адаптации, а также оценивать эффективность средств коррекции влияния невесомости на организм человека, что позволит снизить риски нарушений работы системы кровообращения при длительных космических миссиях.

Литература

[1] Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей // М.: Либроком. – 2013. – 496 с.

[2] Dunaev A. Wearable Devices for Multimodal Optical Diagnostics of Microcirculatory-Tissue Systems: Application Experience in the Clinic and Space // Journal of Biomedical Photonics & Engineering. – 2023. – No 2. – V. 9. – P. 1–10.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОДЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ОПЕРАТОРА КОСМИЧЕСКОГО ТРЕНАЖЕРА

Луцевич Д.Н., Киреев К.С., Заверюха А.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

С целью получения экспериментальных данных о степени влияния эргономических раздражителей на функциональное состояние оператора при работе с космической техникой на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» были проведены исследования с использованием компьютерного мобильного тренажера (КМТ) транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС».

В качестве испытуемых операторов были отобраны пять практически здоровых операторов разной профилльной направленности, но профессионально владеющих основами работы на данном КМТ ТПК «Союз МС». Среди них были четверо мужчин и одна женщина. Средний возраст испытуемых – $33,4 \pm 6,1$ лет.

Были проведены десять сеансов экспериментальных исследований (ЭИ). Повторный сеанс для каждого испытуемого проводился через одни сутки после начального. При этом испытуемый соблюдал идентичный режим труда, отдыха и питания накануне каждого сеанса.

Один сеанс ЭИ включал в себя выполнение двух режимов ручного управления движением ТПК «Союз МС» с одинаковыми начальными условиями на КМТ ТПК «Союз МС». Первая технологическая операция (ТО) (первый режим) – перестыковка, которая выполнялась на штатном оборудованном рабочем месте (РМ) без ввода эргономических раздражителей (ЭР). Считалось, что данное РМ является «эталонным» с точки зрения эргономических требований к данному интерфейсу космической техники. Вторая ТО (второй режим) – перестыковка, которая выполнялась на штатном оборудованном РМ с вводом ЭР в виде: 1) смещения органов управления от нормального (штатного, «эталонного») положения; 2) светового раздражения путем засветки экрана монитора КМТ светодиодами, расположенными по его периметру; 3) звукового раздражения в виде сигнала высокой частоты слышимого диапазона.

В процессе ЭИ проводилась регистрация показателей электродермальной активности (ЭДА) испытуемых, в том числе кожной проводимости (КПр) при воздействии постоянного зондирующего тока с последующим разделением полученного сигнала на тоническую и фазическую составляющую. Регистрация показателей КПр осуществлялась с помощью психофизиологического программно-аппаратного комплекса (ПАК) «Реакор». Датчик КПр устанавливался с применением одноразовых клеящихся электродов в рекомендованных

производителем ПАК местах: один электрод – в передней области правого лучезапястного сустава, другой – на ладонной стороне правой кисти. Регистрация показателей КПр условно делилась на 3 этапа: управление ТПК и два пятиминутных фона до и после управления ТПК.

Анализ показателей КПр тонической, которые отражают функциональное состояние центральной нервной системы, выраженность психоэмоциональной напряженности, показал, что среднее психоэмоциональное напряжение среди всех испытуемых в течение ЭИ растет как во время ЭИ без ЭР, так и во время ЭИ с ЭР, но степень роста во время ЭИ с ЭР выше. Так, в ЭИ без ЭР прирост средней КПр тонической на этапе управления ТПК составил 5,3 мкСм, продолжая расти в фоне после управления до разницы с фоном до управления в 10,8 мкСм. В ЭИ с ЭР прирост средней КПр тонической на этапе управления ТПК составил 7,9 мкСм, в фоне после управления достиг разницы с фоном до управления в 15 мкСм.

По данным показателей КПр фазической средняя выраженность стрессадаптивных реакций среди всех испытуемых в течение ЭИ растет как во время ЭИ без ЭР, так и во время ЭИ с ЭР. Степень роста на этапе управления ТПК во время ЭИ с ЭР выше, но в фоне после управления ТПК одинакова в обоих режимах (по сравнению с фоном до управления). Так, в ЭИ без ЭР прирост средней КПр фазической на этапе управления ТПК составил 0,2 мкСм и продолжал расти в фоне после управления до разницы с фоном до управления в 0,4 мкСм. В ЭИ с ЭР прирост средней КПр фазической на этапе управления ТПК составил 0,3 мкСм, в фоне после управления достиг разницы с фоном до управления в 0,4 мкСм.

Также было выявлено, что на этапе управления ТПК в ЭИ с ЭР отмечался резкий рост КПр фазической в моментах включения звукового ЭР и начала периодов усиления звукового ЭР.

Таким образом, при сравнении результатов регистрации показателей КПр в проведенных ЭИ можно сделать следующие выводы о воздействии ЭР на испытуемых операторов космического тренажера:

- более выраженный рост средней КПр тонической в ЭИ с ЭР свидетельствует о повышенном общем психоэмоциональном напряжении при воздействии ЭР;
- более выраженный рост средней КПр фазической на этапе управления ТПК в ЭИ с ЭР свидетельствует о явном воздействии ЭР как активатора стрессадаптивных реакций;
- резкий рост КПр фазической на этапе управления ТПК в ЭИ с ЭР в моментах включения звукового ЭР и начала периодов усиления звукового ЭР свидетельствует об усилении стрессадаптивной реакции в данные моменты ЭИ.

ПОДХОДЫ К ПЕРИОДИЗАЦИИ ЛОКОМОТОРНЫХ ТРЕНИРОВОК В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Лысова Н.Ю., Савенко О.А., Котов О.В.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

По результатам анализа данных, полученных при реализации штатных мероприятий программы медицинского контроля (МК), предлагаются подходы к периодизации локомоторных тренировок в условиях длительного космического полета (КП).

Периодизация физических тренировок (ФТ) необходима для управления физической работоспособностью (ФР), снижения риска развития утомления и предотвращения снижения тренированности. Периодизация включает в себя долгосрочное (макро- и мезоциклы) и краткосрочное (микроциклы) планирование ФТ [1]. Циклическое изменение объема, интенсивности и вида упражнения в тренировочных циклах позволяет избежать эффекта перетренированности, а также способствует достижению пикового уровня ФР на определенные запланированные этапы [2]. В настоящее время в условиях длительного КП в системе профилактики, рекомендованной бортовой документацией (БД) периодизация ФТ осуществляется только в микроцикле, состоящем из 3-х дней нагрузки и одного дня активного отдыха, в котором ФТ выполняются по желанию члена экипажа [3]. При этом более длительная периодизация в мезо- и макроциклах практически отсутствует.

В обоих предложенных подходах КП условно разделен на 4–5 мезоциклов длительностью от 4-х до 5-ти недель в зависимости от задач и продолжительности КП. Применялся классический метод периодизации тренировочного процесса – увеличение интенсивности и снижение объема.

В 1-м подходе для членов экипажей разрабатывалась индивидуальная программа локомоторных тренировок в 7-ми дневном микроцикле. Во 2-м подходе сохранялся 4-дневный микроцикл, в котором в один рекомендованный день включался индивидуальный протокол, за счет которого менялась общая нагрузка в микроцикле. Решение об использовании предложенных подходов или выполнении ФТ в соответствии с БД принималось членами экипажа в ходе предполетной беседы со специалистами ИМБП. В экспресс-отчетах членов экипажей, применявших предложенные подходы, отражено пожелание продолжить данную практику.

Определение эффекта тренировочной нагрузки в каждой локомоторной тренировке проводилось по тренировочному импульсу (TRIMP), который был разработан для оценки интенсивности и продолжительности тренировочной

нагрузки, основан на изменении ЧСС в каждом интервале тренировки и широко применяется в спортивной практике [4].

Оценка ФР в КП была проведена на основе штатного медицинского теста МО-3, выполнявшегося в рамках российской программы МК. С целью сравнения и получения объективной оценки уровня ФР была рассчитана физиологическая стоимость (ФС) нагрузки в данном тесте как отношение суммы ЧСС за тест к произведению величины осевой нагрузки и дистанции, пройденной в тесте. До и после КП эффективность применяемых подходов оценивалась в локомоторном тесте со ступенчато возрастающей нагрузкой по параметрам газообмена и ответу сердечно-сосудистой системы.

Было показано, что в ФТ, выполняющихся по БД, происходит от месяца к месяцу снижение эффективности применяющихся протоколов. В индивидуальных ФТ с использованием периодизации тренировочного процесса показатели TRIMP практически не отличаются от месяца к месяцу, что при увеличении интенсивности тренировок свидетельствует о положительной динамике работоспособности. Изменение ФС в тесте МО-3 в КП свидетельствует о положительной динамике данного показателя в группах, использовавших периодизацию тренировочного процесса ($p \leq 0,05$): со второго полетного тестирования изменения ФС ниже по сравнению с группой, выполнявшей тренировки согласно БД. В тестировании, проведенном до и после КП, было показано, что в группе космонавтов, выполнявших тренировки индивидуально потребление O_2 , выделение CO_2 и ответ ЧСС были ниже по сравнению с группой, занимавшейся по БД ($p \leq 0,05$).

Полученные результаты позволяют предположить, что выполнение локомоторных тренировок с использованием периодизации тренировочного процесса в условиях КП является более эффективным по сравнению со стандартной системой, определенной БД.

Финансовая поддержка: Сбор и обработка данных осуществлены при финансировании Госкорпорации «Роскосмос», комплексный анализ данных выполнен при финансировании РАН (тема: 65.1).

Литература

- [1] Plisk S.S., Stone M.H. Periodization strategies //Strength & Conditioning Journal. – 2003. – No 6. – V. 25. – P. 19–37.
- [2] Haff G.G. Roundtable discussion: Periodization of training – Part 1 //Strength & Conditioning Journal. – 2004. – No 1. – V. 26. – P. 50–69.
- [3] ГОСТ Р 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования.
- [4] Banister E.W., Hamilton C.L. Variations in iron status with fatigue modelled from training in female distance runners //European journal of applied physiology and occupational physiology. – 1985. – T. 54. – С. 16–23.

**МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ
ИСПЫТАТЕЛЕЙ-ДОБРОВОЛЬЦЕВ К ФАКТОРАМ ИЗОЛЯЦИИ
В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ГЕРМООБЪЕКТА**

**Маркин А.А., Журавлева О.А., Серова А.В., Кузичкин Д.С., Маркина Е.А.,
Поляков А.В., Логинов В.И., Журавлева Т.В.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

Введение. Концепция лунной экспедиции, предусмотренная Российской федеральной космической программой, предполагает пребывание смешанного по гендерному признаку экипажа в кабине пилотируемого транспортного корабля нового поколения на протяжении относительно длительного времени. В этих условиях, помимо характерных для всех пилотируемых полетов неблагоприятных факторов, появляются два дополнительных: скученность, провоцирующая конфликтные ситуации [1], и отсутствие возможности для проведения профилактических мероприятий, что сопряжено с повышенным риском развития патологии. Так как лабораторно-диагностические методы позволяют выявить нарушения уже на донозологическом этапе [2], скрининговое биохимическое обследование в наземном эксперименте, имитирующем условия полета к Луне, может расширить представления об изменениях метаболизма у участников межпланетных экспедиций.

Цель работы. Изучение метаболических реакций испытуемых-добровольцев обоих полов при адаптации к изоляции в гермообъекте малого объема в эксперименте «Эскиз», имитирующем полет к Луне.

Материалы и методы. В эксперименте участвовали 4 мужчины и 2 женщины в возрасте от 23 до 45 лет. Программа эксперимента была одобрена биоэтической комиссией ГНЦ РФ – ИМБП РАН. В течение 14 суток экипаж находился в модуле наземного экспериментального комплекса ЭУ-50 площадью 17 м². С 8-х по 10-е сутки изоляции проходили 40-минутные «высадки на планету» двух человек попеременно. Венозную кровь отбирали утром натощак за 7 суток до начала эксперимента, на 7-е и 14-е сутки изоляции и на 7-е сутки после ее завершения. В плазме и сыворотке крови определяли значения 42 биохимических показателей. Статистическую обработку проводили методами вариационной статистики с использованием критерия Вилкоксона.

Результаты и обсуждение. Значения всех исследованных показателей варьировали в диапазоне физиологической нормы. На 7-е сутки изоляции наблюдалось достоверное снижение активности аспартатаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, γ -глутамилтрансферазы и креатинкиназы в среднем на 10 % относительно фоновых величин. Концентрации холестерина (ХС), ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, аполипопротеинов А1 и В, фосфолипидов уменьшались в сред-

нем на 14 %, а кальция и глюкозы на 3 % и 8 % соответственно. Обнаруженные изменения можно объяснить снижением интенсивности обмена веществ в условиях гиподинамии, развитие которой обусловлено нахождением обследуемых в гермообъекте малого объема при отсутствии профилактических мероприятий. В эксперименте «SIRIUS-17» при обычной двигательной активности испытуемых, на 7-е сутки изоляции изменения значений вышеназванных показателей имели противоположную направленность [3]. На 14-е сутки в эксперименте «Эскиз» активность ферментов печеночной констелляции достоверно не отличалась от фоновых значений, однако вдвое повысилась активность глутаматдегидрогеназы, на 38 % сердечного фермента креатинкиназы и на 20 % лактатдегидрогеназы. Вероятно, это отражает активацию энергетического метаболизма после физических и эмоциональных нагрузок напланетной деятельности, а также развитие стресс-реакции перед завершением изоляции. Значения показателей липидного обмена остались на уровне предыдущего срока обследования, равно как и концентрация глюкозы. На 7-е сутки периода восстановления величины большинства исследованных показателей вернулись к исходному уровню.

Заключение. В ходе 14-суточного пребывания испытуемых в гермообъекте малого объема к 7-м суткам изоляции наблюдались признаки снижения интенсивности обмена веществ, вызванные развитием гиподинамии. Имитация напланетной деятельности в ходе второй недели эксперимента и подготовка к выходу из гермообъекта на 14-е сутки сопровождалась активацией реакций энергетического метаболизма. Значения биохимических показателей, в большинстве своем, возвращались к фоновому уровню на 7-е сутки периода восстановления.

Литература

[1] I. Altman The environment and social behavior: privacy, personal space, territory and crowding. Monterey, Brooks / Cole Publishing Company. – 1975. – 237 p.

[2] Петрищева О.А. Оценка изменений биохимических показателей и их роль в качестве маркеров патологических процессов // Справочник врача общей практики. – 2020. – № 12. – С. 5–63.

[3] Маркин А.А., Журавлева О.А., Кузичкин Д.С. и др. Исследование метаболических реакций у испытуемых в эксперименте с кратковременной изоляцией в гермообъеме // Технологии живых систем. – 2019. – № 2. – Т. 16. – С. 44–51.

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИРУЕМОЙ НЕВЕСОМОСТИ НА СЛЕДЯЩУЮ ФУНКЦИЮ

Миняйло Я.Ю.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Кручинина А.П., Бугрий Г.С., Ганичева А.А.

(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

В процессе работы оператора точность отслеживания визуального объекта зависит от взаимодействия вестибулярной и зрительной систем. Зрительную систему можно рассматривать как источник информации о функциональном состоянии вестибулярной системы при адаптации к условиям невесомости, поскольку она не является гравитационно-зависимой, в то время как характер и уровень афферентных вестибулярных импульсов меняется в условиях измененной гравитации. В связи с этим, большое количество исследований направлено на изучение изменений в характере взаимодействия вестибулярной системы с другими сенсорными системами, включая зрительную.

В статье [4] рассмотрено влияние длительного нахождения космонавтов в невесомости на их вестибулярную и зрительную функции. Наибольший интерес для нас представляли результаты исследования точности и скорости плавного слежения за целью до и после космического полета. Показано, что после полугодового нахождения в невесомости у космонавтов снижается скорость слежения за целью, меняются точность и стратегия слежения: вместо плавного прослеживания глаза совершают скачкообразные движения.

В 2022 году в ЦПК были проведены экспериментальные исследования по сквозному моделированию этапов космического полета на центрифуге ЦФ-18: выведение космического аппарата – орбитальный полет – спуск. Одна из целей экспериментальных исследований заключалась в объективной оценке физиологических изменений, наступающих вследствие вращений на центрифуге и их сравнение с изменениями, наступающими в реальном космическом полете. В качестве одной из оценок было решено повторить исследование со слежением за целью и сравнить с результатами, представленными в статье [4].

Алгоритм моделирования этапа орбитального полета [1] позволяет имитировать внутрилабиринтный сенсорный конфликт невесомости [2, 3]. Длительность одного вращения составляла 40 минут. Тест на слежение проводился в кабине центрифуги непосредственно перед и после окончания вращения. Для этого в кабине перед креслом испытателя был размещен экран на расстоянии 110 см. Во время теста на экране демонстрировалась черная точка на белом фоне,двигающаяся по прямой в горизонтальной плоскости по синусоидальному закону. Амплитуда движения точки составляла 15 см, период 4 секунды. Для записи движения глаз использовался окулограф от компании Нью Девайс

ND-1000. В исследовании приняло участие 10 мужчин: 6 инструкторов и 4 космонавта (двое с опытом космического полета). Каждый испытуемый принял участие в двух вращениях.

Всего было получено 20 наборов записей движения глаз при слежении за целью до и после вращений по программе орбитального полета, включающей алгоритм имитации невесомости, пять наборов из которых оказались плохого качества и были исключены из итогового анализа, т. к. не подлежали обработке.

В результате анализа полученных данных было обнаружено снижение скорости слежения после вращений у 14 из 15 испытуемых. У одного скорость слежения не изменилась. Кроме того, у пятерых наблюдалось изменение стратегии слежения за целью после вращения: траектория глаз теряла гладкость, появлялись скачкообразные движения. Наблюдаемые изменения аналогичны насупившим после реального космического полета [4]. На основании этого можно заключить, что моделирование орбитального полета на центрифуге ЦФ-18 приводит к возникновению вестибулярного сенсорного конфликта, схожего с возникающим в невесомости.

Литература

[1] Александров В.В., Садовничий В.А., Чугунов О.Д. «Математические задачи динамической имитации полета». Изд-во МГУ, 1986. – 180 с.

[2] Александров В.В., Ишлинский А.Ю., Садовничий В.А., Глазков Ю.Н., Воронин Л.И. Математические задачи динамической имитации аэрокосмических полетов. Издательство Московского Университета Москва, 1995. – 160 с.

[3] Воронин Л.И., Глазков Ю.Н., Каспранский Р.Р., Александров В.В., Садовничий В.А. Моделирование сенсорного конфликта невесомости // Международная научно-практическая конференция «Профессиональная деятельность космонавтов и пути повышения ее эффективности». Тезисы докладов. 6–7 октября 1993 г., Звездный городок, Россия.

[4] L.N. Kornilova; M.I. Alekhina; V.V. Temnikova; M. Reshke; S.V. Sagalovich; S.V. Malakhov; I.A. Naumov; I.B. Kozlovskaya; A.V. Vasin (2006). The effect of a long stay under microgravity on the vestibular function and tracking eye movements. 32(5), 547–555. DOI:10.1134/s0362119706050082

БАРОКАМЕРА СТАЦИОНАРНАЯ СБК-80

Мироненко К.В., Поздняков Ю.В., Гнатченко В.И., Салмин М.Ф.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Барокамера СБК-80 изготовлена в 1985 г. и введена в эксплуатацию в ЦПК в 1987 г. Она предназначена для определения переносимости умеренной гипобарической гипоксии и выявлению предрасположенности к высотным декомпрессионным заболеваниям летного состава и космонавтов.

На сегодняшний день в барокамере было проведено 775 подъемов, из них 200 подъемов на высоту 10 000 метров [1].

Барокамера состоит из двух основных частей (отсеков):

1 основным максимально на 4 рабочих места (используется только два),
2 с одним рабочим местом; (в начале эксплуатации использовалась для имитации разгерметизации космического аппарата) в настоящее время не используется.

Разрежение в камере создается с помощью откачивающих вакуумных насосов, на данный момент выполняется имитация подъема на 5000 метров и 10 000 метров над уровнем моря (максимально возможная высота 25 000 метров).

Для обеспечения связи с испытуемым используется система переговорной связи, выполненная на базе самолетной СПУ-7. На каждом рабочем месте как внутри, так и с наружи барокамеры установлены абонентские щитки с авиагарнитурами, в случае отказа системы предусмотрена резервная система условно-кодовой информации с помощью специальных тумблеров и сигнальных табличек [1].

При выполнении исследования используется система основной и аварийной подачи кислорода, подача кислорода осуществляется от кислородных баллонов через кислородные приборы типа КП-52 в кислородную маску:

- при выполнении подъема до 5000 метров используется система аварийной подачи, когда маска подвешивается на груди испытуемого;
- при выполнении подъема до 10 000 метров используется система основной подачи кислорода, когда маска закреплена на лице испытуемого и кислород подается постоянно.

Для определения состояния испытуемого постоянно производится съем физиологических параметров (ЭКГ, АД, ЧСС, насыщение крови кислородом) при помощи программно-аппаратный комплекс медицинского контроля состояния [2].

Так же проводится психофизиологический анализ состояния испытуемого при помощи системы «Психофизиолог» [3].

Фиксация внешнего состояния испытуемого проводится при помощи системы видеонаблюдения с постоянной записью происходящего для дальнейшей оценки.

Литература

[1] п/я А-3605 Барокамера стационарная СБК – 80//Формуляр 20823642411203 ФО – 1985 – С. 29–37.

[2] ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» Программно-аппаратный комплекс медицинского контроля стенда барокамеры СБК – 80, Руководство по эксплуатации ЮЕУЮ.МКБ.01.00.00.00.00 РЭ, г. Москва. – 2018. – С. 5–9.

[3] ООО «КОНСТЭЛ» Руководства по эксплуатации КН.110083.00РЭ, г. Москва. – 2019. – С. 5–14.

УРОВНИ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ КОСМОНАВТОВ РАЗНЫХ СОМАТОТИПОВ

Назин В.Г., Киреев К.С., Кукоба Т.Б.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Соматотипирование по методике М.В. Черноруцкого [1] позволило разделить космонавтов на три группы: астеники ($n = 16$), нормостеники ($n = 18$) и гиперстеники ($n = 22$). В общей группе обследованных 56 космонавтов больше всего оказалось гиперстеников (39 %), меньше нормостеников (32 %) и наименьшее количество астеников (29 %). Применительно к этим группам оценивались уровни общей и специальной физической подготовленности (СФП) – устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов космического полета и бортовая физическая тренированность (БФТ) – способность выполнять физические тренировки на бортовых тренажерах МКС.

Расчет индивидуальных уровней физических качеств каждого космонавта осуществляли по 10-балльной шкале по «Методике комплексной оценки уровня физической подготовленности космонавта к полету» [2] исходя из результатов выполнения им нормативных физических упражнений.

Проверку на нормальность распределения показателей в исследуемых группах проводили с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для определения статистической значимости различий средних величин использовали t-критерий Стьюдента. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Анализ уровня развития физических качеств и специальной физической подготовленности космонавтов разного соматотипа показал, что у представителей всех изучаемых соматотипов наибольший средний по группе балл выявлен по СФП, первое место по данному показателю занимают нормостеники – средний по группе балл $8,30 \pm 1,28$, что соответствует оценке «очень высокая». Второе место занимают астеники, их средний балл по группе $7,82 \pm 1,41$ соответствует оценке «высокая» ($P = 0,03$), гиперстеники находятся на третьем месте, средний по группе балл $7,32 \pm 1,46$ соответствует оценке «высокая» ($P = 0,04$).

БФТ у представителей всех изучаемых соматотипов соответствует оценке «выше средней», при этом, у нормостеников уровень развития выше, средний балл составляет $6,70 \pm 1,11$, у астеников средний балл $6,56 \pm 1,40$, у гиперстеников средний балл самый низкий – $6,08 \pm 1,38$.

Наименьший средний по группе балл выявлен у представителей всех изучаемых соматотипов по гибкости. Астеники и нормостеники занимают первое место, гиперстеники – второе, средние баллы по группам практически одинаковы, не превышают 5,50 баллов, и соответствуют оценке «средняя». Лучше

остальных физических качеств у представителей всех соматотипов развита выносливость. Астеники превосходят нормостеников, их средний балл $8,25 \pm 1,78$ соответствует «очень высокой» оценке, нормостеники занимают второе место, средний балл $7,49 \pm 1,80$ соответствует «высокой» оценке ($P = 0,04$), гиперстеники отстают от двух других групп, хотя их средний по группе балл $6,94 \pm 2,14$ также соответствует «высокой» оценке ($P = 0,02$). Сила имеет одинаковую «высокую» оценку у нормостеников ($8,03 \pm 1,09$ балла) и астеников ($7,84 \pm 1,82$ балла), у гиперстеников сила развита значительно меньше ($6,73 \pm 2,50$) и соответствует оценки «выше средней» ($P \leq 0,03$). Первое место по скорости у астеников, средний балл $7,78 \pm 1,64$ соответствует «высокой» оценке, на втором месте нормостеники, их средний балл $6,91 \pm 1,76$ соответствует оценке «выше средней», гиперстеники отстают от двух других групп и их средний балл $4,27 \pm 1,19$ соответствует также оценке «выше средней» ($P = 0,04$). Ловкость у представителей все соматотипов находится примерно на одном уровне и соответствует оценке «выше средней».

Выявленные особенности физической подготовленности космонавтов разных соматотипов необходимо учитывать в ходе их физической подготовки при подборе средств, методов и параметров физической нагрузки, а также при отборе кандидатов в космонавты и формировании экипажей для полетов на МКС, создаваемую Российскую орбитальную станцию, а в перспективе и для длительных межпланетных экспедиций.

Литература

[1] Черноруцкий, М.Б. Учение о конституции в клинике внутренних болезней / М.Б. Черноруцкий // Материалы 7-го съезда российских терапевтов. – Л., 1925. – С. 304–312.

[2] Назин, В.Г. Совершенствование нормативно-методической базы оценки физической подготовленности космонавтов к полетам на Международную космическую станцию // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 4(25). – С. 73–89.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОТЕОМА КРОВИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕГУЛЯЦИИ ПРОЦЕССОВ АНГИОГЕНЕЗА У КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

**Гончаров И.Н., Пастушкова Л.Х., Гончарова А.Г.,
Каширина Д.Н., Смирнов Ю.И., Киреев К.С., Ларина И.М.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

Ангиогенез вносит фундаментальный вклад в развитие, тканевой гомеостаз и биологические процессы восстановления после повреждения. Комплекс факторов космического полета (микрогравитация, радиационный фон,

гипомагнитная среда, др.) воздействуют на процессы ангиогенеза. Изучение динамических изменений протеома крови дает понимание направленности биологических процессов ангиогенеза организма здорового человека под влиянием комплекса факторов космического полета (КП) и перегрузок в период приземления.

Целью работы явилось исследование связи ряда достоверно изменяющихся белков крови с процессами ангиогенеза на первые сутки после завершения длительных космических полетов. Для этого проведен анализ изменений протеома крови космонавтов, применительно к особенностям ангиогенеза на 1-е сутки после завершения длительных КП. Масс спектрометрическим методом исследовали белковый состав плазмы крови 18 космонавтов, совершивших полугодовые космические полеты на РС МКС. Образцы были собраны перед полетом (фон) и на 1-е сутки после приземления. Выявлено и количественно охарактеризовано 125 различных белков. Среди них обнаружился 61 протеин, связанный с процессами ангиогенеза и его регуляции. Программа ANDVisio позволила определить, что белки ангиогенеза являлись участниками 13 биологических процессов.

Полученные нами данные об особенностях изменения белкового состава крови, под действием условий КП и после его окончания, выявили важные связи между достоверно изменяющимися белками и процессами ангиогенеза. Имеющиеся особенности в списках достоверно изменяющихся белков объяснимы реальными влияниями комплекса факторов КП продолжительностью до 169 суток, а также воздействием перегрузок этапа приземления. Понимание направленности биологических процессов ангиогенеза, формирующихся в длительных космических полетах и после приземления важно для формирования стратегии медицинского контроля и медицинского обеспечения длительных космических полетов.

**МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В СОСТАВАХ ГРУПП И ЭКИПАЖЕЙ
ПО РАЗДЕЛУ МБП КОСМОНАВТОВ И ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ
СТЕНДОВ БОРТОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТПК И СМ РС МКС**

**Поздняков Ю.В., Мироненко К.В., Щавелев Б.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Целью медико-технической подготовки (МТП) является выработка у космонавтов знаний, умений и навыков, необходимых и достаточных для полного и качественного использования бортовых технических средств медицинского

обеспечения (БТСМО) и научной аппаратуры (НА) ТПК и СМ РС МКС [1, 2]. На занятиях космонавты изучают назначение, технические характеристики, состав, устройство, размещение, порядок эксплуатации, тестовые проверки, меры безопасности, нештатные ситуации, а также отрабатывают операции по порядку и правилам выполнения работ по полетному техническому обслуживанию (ТО) и ремонту БТСМО в заданное время.

В процессе полета ПКА специалистами ЦПК отслеживается работа космонавтов по эксплуатации БТСМО и далее совместно со специалистами смежных организаций проводится анализ замечаний и предложений, полученных по итогам подготовки экипажа и результатам его деятельности в полете.

Поскольку подготовку космонавтов невозможно рассматривать в отрыве от процесса эксплуатации РС МКС, МТП проводится на стендах БТСМО в классе ПКА и в макете СМ с использованием БТСМО, средств связи между космонавтом и инструктором, телевизионного контроля действий экипажа и контроля медицинских параметров на пульте врача.

Особое место в решении задач медико-биологической подготовки (МБП) космонавтов занимает создание стендов с использованием аналогов летных образцов для исключения ложных навыков отработки действий по бортовой документации. Аппаратура медицинского контроля и обследований: комплекс КМА-01, комплект КПА КМА-01 (для класса БТСМО и макета СМ РС МКС), комплекты: Плазма-03, ИАД-2010, Кардиокассета-2010, Экофера-2010, Рефлеком-БХЖ, Гемотакрит-2, компьютер медицинского обеспечения (особенности – целевое прикладное ПО проведения медконтроля, профилактических мероприятий, медицинских экспериментов и хранения данных МО и МБИ) получены из РКК «Энергия». Комплекс медконтроля для получения фоновых данных с космонавтов с помощью КМА-01 создан через ГОЗ. Приборы: холтер-ЭКГ, холтер-АД, ПАМ, ИМ-СО2 – отдельная закупка у изготовителей.

Средства профилактики неблагоприятного воздействия невесомости (СПНВН): специализированные стенды тренажера «Бегущая дорожка» БД-2, велотренажера бортового ВБ-3М, велотренажера бортового ВБ-3 и нагружателя силового НС-1 (НС-1М), комплекта «Чибиc-М» на многоуровневой тележке, комплекты «Стимул-01 ВЧ» и «Стимул-01 НЧ», костюм «Пингвин-3 с СИН» получены из РКК «Энергия».

Научные эксперименты: поставка научной аппаратуры и оборудования в ЦПК для подготовки экипажа к реализации в период экспедиции проводится в основном в установленном Положением НА-18 [3] порядке.

Главным разработчиком пилотируемых космических комплексов государственным заказчиком определено ПАО РКК «Энергия». Главная роль по созданию средств медицинского контроля, профилактики и по научной аппаратуре

возложена на ГНЦ РФ – ИМБП РАН [4]. По ряду причин сроки создания учебно-тренировочных средств, согласно Положению РК-11-КТ [5], не всегда выдерживаются (тренажерный образец должен быть заказан и технические средства подготовки космонавтов введены в эксплуатацию не позднее, чем за 4 месяца до полета экипажа).

Порядок и объем распространения требований Положения РК-11-КТ *по разработке и поставке в ЦПК* тренажерных образцов БТСМО единичного производства и необходимой документации не определяется в ТЗ *головного предприятия-разработчика* пилотируемого космического комплекса.

Создание стенда БТСМО, отвечающего необходимым требованиям МБП – достаточно сложная задача, особенно, если исходить из понятия «идеальный» стенд. В докладе приведены подходы к созданию стендов БТСМО для подготовки космонавтов.

Литература

- [1] Требования к технической подготовке экипажей экспедиции МКС.
- [2] Программы российского медицинского контроля на МКС.
- [3] Положение о порядке создания научной аппаратуры для космических исследований (Положение НА-18).
- [4] Решение 27КСМ-58/057-98 о порядке разработки, изготовления и поставки средств медицинского обеспечения для российского сегмента МКС от 08.07.1998 г. (ответственность возложена на ГНЦ РФ – ИМБП РАН, как головную организацию по МО РС МКС).
- [5] Положение о порядке создания, производства и эксплуатации (применения) космических комплексов (Положение РК-11-КТ).

К ВОПРОСУ ОБ ОБИТАЕМОСТИ КОСМОНАВТОВ

Поляков М.В.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Разработка и создание технических средств для осуществления программ будущих космических полетов (КП) и планы освоения космических объектов (Луны, Марса и др.) обуславливают необходимость проработки научно-теоретических и практических вопросов в интересах обеспечения обитаемости пилотируемых космических аппаратов (ПКА) и сооружений на космических объектах (КО) для космонавтов. В самом начале, при подготовке первых КП основное внимание к обитаемости уделялось по следующим направлениям. Размещение человека в ПКА, обеспечение его необходимыми условиями и ресурсами для удовлетворения физиологических потребностей – для поддержания жизни (в пище, воде, теплообмену, удалению продуктов жизнедеятельности).

Создание в изолированном герметизированном объеме среды, с учетом допустимых диапазонов колебаний по ограниченному перечню показателей физических (микроклиматических, механо-акустических, ускорений и др.) и химических факторов, определяющих состояние воздушной среды для дыхания. Обеспечение профилактики неблагоприятного воздействия факторов (ионизирующего излучения, гипогравитации и др.), безопасности и спасения при нештатных ситуациях [1 и др.]. Усложнение полетных заданий, увеличение численности экипажа, удлинение сроков КП, выполнение выходов в открытый космос и выполнение внекорабельной деятельности (ВКД) реализовывались на основе расширения направлений разработок по созданию систем и средств жизнеобеспечения (СЖО), архитектурно-конструкторской внутренних помещений ПКА, накоплению и углублению фундаментальных знаний по проблемам учета человеческих факторов в интересах обеспечения выживания и жизнедеятельности в искусственной среде обитания [2 и др.]. В результате были подготовлены важные нормативно-технические документы [3–5 и др.] и созданы приемлемые условия для многолетнего функционирования околоземных орбитальных станций, на которых космические экипажи пребывают и работают свыше года-полутора лет, сменяя друг друга и выполняя по нескольку раз ВКД. В длительных КП проявляются и выявляются новые проблемы обитаемости космонавтов, которые необходимо осмыслить и решить для осуществления следующих шагов в деле освоения Космоса с учетом предыдущего опыта и на основе концептуальных подходов. К определению понятия обитаемости исследователи и разработчики космической техники подходят с различных оснований, в совокупности или раздельно рассматривают характеристики условий вне и внутри помещений, включая, биологические, информационные, психологические и социальные, а также архитектурно-конструктивные факторы [5]. Или как в руководстве NASA применяются обобщающие категории окружающих субъекта – физические и химические среды [6]. Это определяет использование большого числа дефиниций, как правило, прагматических, применительно к решению частных проблем обитаемости в экстремальных условиях. В предлагаемом концептуальном подходе к теории Обитаемости в качестве системообразующих элементов определяются: субъект (коллективных субъект в случае жизнедеятельности экипажа), время, пространство и совокупность сред (включая физические, химические, биологические, информационные, психологические и социальные), а также организационные, архитектурно-конструктивные и ресурсные факторы. Все рассматриваемые элементы ассоциируются в уникальную систему, в рамках которой устанавливаются их взаимосвязи и влияние как на изменение свойств отдельных и так и всей совокупности элементов, на особенности воздействия элементов на субъект. При создании

ПКА и сооружений для КО, разработке целей и программ космических экспедиций, по сути, должен быть осуществлен прогноз особенностей Обитаемости и ее динамики в зависимости от изменений свойств и значений элементов, заблаговременно проработаны вопросы обеспечения потребностей экипажа, проблемы снижения рисков неблагоприятных воздействий, поддержания условий окружающей среды благоприятными для жизни, здоровья и выполнения космической экспедиции (КЭ). Данный концептуальный подход позволяет более системно охватывать понятие – составляющее обитаемость и открывает новые возможности по учету человеческих факторов при формировании научных заделов – совокупности исходных данных, необходимых для обоснования целей, задач и программ космических экспедиций, для создания ПКА и сооружений для КО, подготовки ресурсов и экипажей, организации и выполнения КЭ, а также последующей реабилитации космонавтов.

Литература

- [1] Шибанов Г.П. Обитаемость космоса и безопасность пребывания в нем человека. – М.: Машиностроение, 2007. – 544 с.
- [2] Ушаков И.Б., Бедненко В.С., Ступаков Г.П. и др. История отечественной космической медицины: (По материалам воен.-мед. учреждений); Под общ. ред.: И.Б. Ушакова и др. – М.: ГосНИИ воен. медицины; Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2001. – 319 с.
- [3] ГОСТ Р 50804-95 Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования. И ПК Издательство стандартов, 1995. – 121 с.
- [4] NASA Space Flight Human-System Standard, NASA-STD-3001, Volume 1: Crew Health.
- [5] NASA SPACE FLIGHT HUMAN-SYSTEM STANDARD NASA-STD-3001, VOLUME 2, REVISION C. Human Factors, Habitability, and Environmental Health.
- [6] NASA Human Systems Integration Handbook. LO Rippey – 2021 – ntrs.nasa.gov NASA/SP-20210010952.

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКИПАЖЕЙ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПИЛОТИРУЕМЫХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ

**Поляниченко А.А., Бубеев Ю.А., Рюмин О.О., Суполкина Н.С.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

Одной из важнейших задач психологического сопровождения длительных межпланетных полетов является сохранение гармонии или эмоционального баланса в смешанном полиэтническом экипаже, то есть способности его членов контролировать проявление своих чувств, свободно выражать эмоции, одновременно не позволяя им управлять собой. Не допускать развития негативных взаимоотношений в экипаже: от неприятия до ненависти. Ключевым элементом при этом являются отсутствие доверия, скудость в межличностных

контактах и обмене информацией (иногда профессионально-значимой) с партнерами по экипажу. Опыт медико-психологического сопровождения полетов совместных международных экипажей по программе «МИР–НАСА», «МИР–ШАТТЛ» и МКС свидетельствует о наличии на первых этапах их подготовки проявлений недоверия между космонавтами и астронавтами России и других стран, нивелируемых и полностью устраненных по мере увеличения времени совместной работы и числа неформальных контактов. Важную роль при этом играло устранение языковых и межэтнических барьеров, повышения уровня взаимопонимания между ними в процессе подготовки. При этом необходимо учитывать, что важными рисками релевантными для командной деятельности являются социальная и физическая изоляция, небольшой и однообразный экипаж, задержки связи между экипажем и Землей, продолжительность полета и комплексного влияния факторов окружающей среды. Каждый из которых влияет на координацию, сотрудничество, психологическое благополучие и командную работу экипажа. Устранение этих рисков является важной задачей, которая должна быть решена на этапе подготовки экипажа, где возможными вариантами таких тренировок могут рассматриваться психологические изоляционные сценарные тренинги, проводимые в условиях моделирующего контура или аналоговых миссий.

Работа поддержана темой РАН № 63.2 «Исследование интегративных процессов в центральной нервной системе, закономерностей поведения и деятельности человека в условиях автономности и под влиянием других экстремальных факторов среды».

РОЛЬ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ СБОРОВ В СИСТЕМЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Потапов М.Г., Скедина М.А., Ковалёва А.А.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

В докладе рассматриваются принципы проведения спортивно-оздоровительных сборов, представляется материал, подтверждающий их эффективность, необходимость возвращения спортивно-оздоровительных сборов в комплекс медицинской поддержки космонавтов для повышения уровня функциональных резервов организма и увеличения их профессионального долголетия (ПД).

Наряду с мероприятиями, направленными на повышение специфической устойчивости, весьма эффективными оказались мероприятия, которые повышают неспецифическую устойчивость организма (физическая подготовка, высокогорная тренировка и т. д.). С помощью этих мероприятий достигается

тренировка компенсаторно-приспособительных механизмов, обеспечивающих адаптацию к факторам космического полета (КП) [1]. В результате многочисленных исследований [2–5] установлено, что при акклиматизации человека к горным условиям происходит глубокая и стойкая перестройка тканевых, энергетических, ферментативных, гормональных и нейрогуморальных систем, что в итоге приводит к повышению неспецифической устойчивости организма к неблагоприятным воздействиям.

До 1991 г. в комплекс мероприятий по продлению ПД космонавтов входили спортивно-оздоровительные сборы в условиях среднегорья. Необходимость в тренировочных сборах была установлена по результатам проведенной Институтом медико-биологических проблем в 1965–1966 годах работы по отбору кандидатов в отряд космонавтов из гражданских специалистов. За период 1968–1991 гг. было проведено 40 спортивно-оздоровительных сборов (проводились в горах Тянь-Шаня и Кавказа) с участием 103 космонавтов и кандидатов в космонавты. Обобщение результатов научных исследований, проведенных во время сборов, позволило определить оптимальные высоты (1600–2500 м) необходимые для достижения тренировочного эффекта и оптимальную продолжительность сборов (3 недели).

В группе космонавтов, которая систематически участвовала в спортивно-оздоровительных сборах, отчисление из отряда космонавтов по медицинским показаниям составило 13,5 %. До учреждения спортивно-оздоровительных сборов и после их прекращения отчисления по состоянию здоровья были от 25,4 % до 30,3 %. С 1992 года спортивно-оздоровительные сборы были прекращены. С этого времени отмечается уменьшение ПД космонавтов в среднем на 4 года.

Возвращение спортивно-оздоровительных сборов в комплекс медицинской поддержки космонавтов необходимо для повышения уровня функциональных резервов организма, что важно при длительных и межпланетных КП для снижения рисков срыва адаптации, снижения физиологической цены адаптационных процессов (т. е. перенапряжения регуляторных механизмов) и увеличения профессионального долголетия.

Работа выполнена в рамках темы 65.1 ФНИ РАН.

Литература

- [1] Григорьев А.И., Баевский Р.М. Концепция здоровья и космическая медицина. – М., 2007.
- [2] Агаджанян Н.А., Миррахимов М.М. Горы и резистентность организма. – М., 1970.
- [3] Гридин Л.А. Современные представления о физиологических и лечебно-профилактических эффектах действия гипоксии и гиперкапнии // Медицина. – 2016. – №. 3. – Т. 4. – С. 45–68.
- [4] Баранова В.П., Волгин В.А., Вавакин Ю.Н. и др. О возможности использования высокогорных тренировок для подготовки космонавтов // Материалы IV всесоюзной конференции «Космическая биология и авиакосмическая медицина»: в 2 т. – Т. 2. – М., 1972. – С. 18–20.

[5] Завадовский А.Ф., Вавакин Ю.Н., Коротаев М.М. Влияние среднегорья на сохранение хорошего состояния здоровья и высокой физической работоспособности космонавтов в течение длительного времени // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 1992. – № 4. – Т. 26. – С. 52–57.

**ОЦЕНКА И КОРРЕКЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ КОСМОНАВТА НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ КАРДИОМЕТРИИ
И АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ**

Руденко М.Ю.

(НКБ «МИУС» ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Таганрог)

Берсенева Е.Ю.

(ФГБУН «ФНКЦ КМ» ФМБА России, г. Москва)

*Светлой памяти
Владимира Борисовича Алексеева,
космонавта-исследователя СССР,
активного участника создания
теории кардиометрии*

В период с 1980 по 1990 гг. коллектив ОКБ «Ритм» г. Таганрога проводил ширококомасштабные работы в ЦПК имени Ю.А. Гагарина в рамках программы многоэтапного космического корабля «Буран». Решалась задача оценки и коррекции психофизиологического состояния пилота. Одним из результатов работ стала разработка теории фазового анализа сердечного цикла, позволившую точно оценивать гемодинамику человека, что ранее не представлялось возможным. Исследования открыли целый ряд законов физиологии. Полученные результаты легли в основу новых методик оценки психофизиологического состояния человека-оператора.

Было создано новое научное направление «кардиометрия». Сегодня кардиометрическая теория является передовой в мире. Организационная часть работы включила выпуск научного электронного журнала «Cardiometry», который читается в 178 странах мира и имеет индекс цитирования 3,6.

В 2004 году было налажено серийное производство гемодинамического анализатора «Кардиокод» (РУ Росздравнадзора № ФСР 2011/12126). Он прошел сертификацию в России, странах Европы и Латинской Америки. Диагностика прибором «Кардиокод» дала уникальную информацию, которая позволила разработать методы и приборы эффективной терапии. Создан ряд терапевтических приборов под торговой маркой «ЭЖ» (сокращенное «энергия жизни»). Освоено серийное производство аппарата физиотерапевтического

для воздействия низкоинтенсивным электромагнитным излучением «ЭЖ-2» (РУ Росздравнадзора № РЗН 2018/7145).

Уникальный физиотерапевтический аппарат «ЭЖ-2» основан на применении электромагнитного низкоинтенсивного волнового воздействия. Доказано, что электромагнитные волны определенной интенсивности нормализует работу нейронов мозга, улучшает работу иммунной системы и восстанавливают мембраны клеток. Исследования также показали, что воздействие низкоинтенсивных электромагнитных колебаний способно корректировать адаптационные реакции, происходящие в организме человека как ответ на раздражение (патологию). За счет интенсификации адаптационных механизмов, заложенных в организме человека природой, происходит ускорение процесса выздоровления на внутриклеточном уровне.

«ЭЖ-2» применяется для профилактики инсульта и лечении постинсультных синдромов. Локально воздействуя на болевые зоны, удалось достигнуть стабильно положительных результатов в устранении постинфарктных и суставных болей, болей в горле при простудных заболеваниях, нормализации функции кишечного-желудочного тракта, лечение ран и других недугов.

Прибор «Кардиокод» регистрирует объемы крови, циркулирующие в сердечно-сосудистой системе. Наиболее информативными являются семь фазовых объемов крови: ударный и минутный; два диастолических и два систолических объема, а также перекачиваемый аорта в систоле.

С их помощью рассчитывается фракция изгнания $RV1 = PV1/SV$ (%). Эта величина показывает возможность сердца обеспечить кровью реальную потребность организма. В норме она около 62 %, если выше, то это указывает на гипертрофию сердца, если меньше – на гипофункцию.

Другим комплексом важных показателей являются метаболические характеристики мышц сердца:

- уровень кислорода в мышцах миокарда (O_2);
- уровень лактата (молочной кислоты);
- уровень креатинфосфата (КрФ).

Существуют еще системные параметры регуляции:

- показатель variability сердечного ритма, индекс напряженности;
- психическая концентрация внимания;
- типы адаптационных реакций.

В настоящее время ведутся работы по совершенствованию ранее созданных систем до уровня самостоятельного пользования с целью оценки и коррекции по принципу «здесь и сейчас». Также, ведутся исследования адаптационных реакций организма на специфические раздражители профессионального вида деятельности.

О ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КОСМОНАВТА СКРИНИНГОВОМ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

Спирин А.Е., Даниличев С.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Во время длительных полетов в условиях влияния микрогравитации и других неблагоприятных воздействий, организм космонавта претерпевает серьезные нагрузки, приводящие к нарушению различных психофизиологических функций. Поэтому дистанционная диагностика состояния здоровья космонавтов на борту имеет первостепенное значение.

Известен ряд визоконтрастометрических средств и методов. Среди них для скрининга зрительного анализатора применяется «Эрготест» и его модификации [1] и другие устройства-аналоги типа «Zebra». Их недостатком является необходимость очного участия специалистов-экспертов при диагностике. Следовательно, такие средства и методы не позволяют дистанционно в полете диагностировать зрительный анализатор космонавта.

Наибольший интерес для решения этой проблемы представляет запатентованная идея «Способ и устройство дистанционной экспресс-диагностики зрительного анализатора» [2]. На ее основе рассмотрена возможность определения психоэмоционального состояния посредством визоконтрастометрии. Предложена математическая модель и алгоритмы для реализации новации на борту в полете. Предложенная идея реализуется в виде мобильного приложения на планшете. Имеющиеся датчики и высокоразрешающие видеокамеры таких мобильных устройств позволяют дистанционно мониторить визоконтрастометрию как в режиме on-line, так и в режиме постобработки. Для этого решаются задачи синтеза тест-изображений с рандомизацией формы размеров и «заливки» фигуры синусоидальной решеткой с динамически изменяемыми параметрами на основе модифицированных функций Габоора, а также задача – универсализации программного обеспечения сенсорных матриц экранов планшетов, имеющих разные характеристики. Последняя определяет чувствительность и повышает точность визоконтрастометрии, а следовательно и возможность скрининга психоэмоционального состояния.

Литература

[1] Шелепин Ю.Е. и др. Визоконтрастометрия. Измерение пространственных передаточных функций зрительной системы. – Л. Изд-во «Наука», 1985 г.

[2] Патент № 2 726 604 Российская Федерация, Способ и устройство дистанционной экспресс-диагностики зрительного анализатора: опубл. 14.07.2020 / Даниличев С.Н., Спирин А.Е., Жуков В.М. и др.: заявитель ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТОЙКИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА И ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Шишкин Н.В., Китов В.В., Томиловская Е.С.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Известно, что после коротких космических полетов (КП) длительностью 5–12 суток при постуральных тестах, оценивающих эффективность работы вестибулярной системы, снижение устойчивости зависит от предыдущего опыта полетов [1]. Такого сравнения не проводилось для длительных КП. Также известно, что модель «сухая» иммерсия (СИ) хорошо воспроизводит физиологические эффекты кратких КП [2]. Сравнение влияний длинной и короткой СИ на постуральную устойчивость с влиянием КП представляет практический интерес для подготовки коротких и длинных космических миссий.

В исследовании приняли участие 32 космонавта – члена экипажей экспедиций на МКС. Исследования проводили перед началом полета и на 3-е сутки после приземления. Мы использовали протокол С. Вуда и соавт. [3], который включает тест с неустойчивой опорой и закрытыми глазами («вестибулярный» тест). При обработке данных рассчитывали показатель вертикальной устойчивости Equilibrium Score (EqScore), оценивающий максимальное колебание центра тяжести тела. В иммерсионных исследованиях приняло участие 20 человек – 10 в 5-суточной СИ и 10 в 21-суточной. Исследования проводили до воздействия СИ и через 1 час после его окончания; оценивали скорость колебаний центра давления (ЦД) и разброс колебаний ЦД – стандартное отклонение его координат.

При сравнении устойчивости на 3-й день после КП ни в одном постуральном тесте не найдено никаких значимых отличий EqScore между космонавтами, летавшими впервые и летавшими во 2-й или 3-й раз.

Сравнение изменений разброса колебаний ЦД после 5-ти и 21-суточной СИ с литературными данными по длительным КП американских астронавтов, постуральную устойчивость которых исследовали на 2–6 день после приземления (данные сразу после приземления экстраполированы) [3], показали, что 5-суточная СИ отражает эффект длительного КП в отличие от 21-суточной СИ в «вестибулярном» тесте.

После 21-суточной СИ изменений разброса колебаний ЦД в «вестибулярном» тесте не наблюдалось, однако в тесте с открытыми глазами на неподвижной опорной поверхности («проприоцептивный» тест) – наблюдалось значимое увеличение скорости колебаний ЦД.

Выводы

1. В случае длительных КП опыт предыдущих полетов не является значимым для степени снижения поструральной устойчивости при стойке на неустойчивой опоре с закрытыми глазами.

2. 5-суточная СИ оказывает влияние на разброс колебаний тела при закрытых глазах и неустойчивой опоре, схожее с воздействием длительного КП, что может быть связано с дезинтеграцией вестибулярных сигналов с остальными элементами сенсорного обеспечения вертикальной стойки. Более длительное, 21-суточное воздействие безопорности оказывает влияние на скорость колебаний тела при открытых и закрытых глазах и неподвижной опоре, схожее с эффектом длительного КП, что может быть связано с дезинтеграцией проприоцептивной информации с остальными элементами сенсорного обеспечения вертикальной стойки.

Исследование проведено при поддержке РАН (63.1).

Литература

[1] G. Clément, M. Reschke, S. Wood Neurovestibular and sensorimotor studies in space and Earth benefits // Current pharmaceutical biotechnology. – 2005. – No 4(6). – P. 267–283.

[2] E. Tomilovskaya, T. Shigueva, D. Sayenko, I. Rukavishnikov, I. Kozlovskaya Dry Immersion as a Ground-Based Model of Microgravity Physiological Effects // Frontiers in physiology. – 2019. – No 4. – P. 284–301.

[3] S. Wood, W. Paloski, J. Clark. Assessing Sensorimotor Function Following ISS with Computerized Dynamic Posturography // Aerospace medicine and human performance. – 2015. – No 12(86). – P. 45–53.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТРАДИЦИЙ, СУЕВЕРИЙ И ПРИМЕТ КОСМОНАВТОВ В ПРЕДСТАРТОВЫЙ ПЕРИОД

Шевченко Ж.Н.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Личная эффективность космонавта в полете во многом зависит от успешного космического старта. Важной характеристикой предстартовых состояний является уровень эмоционального возбуждения, который может способствовать как повышению, так и снижению работоспособности космонавта. Психологическое состояние космонавтов (астронавтов), проходящих цикл предстартовой подготовки на Байконуре, должно оказывать мобилизирующее действие на выполнение ответственной деятельности в напряженной обстановке.

Поддержанию оптимального предстартового психологического состояния космонавта способствует комплекс мероприятий психологической

поддержки экипажей, в числе которых важную роль играют поддержание и укрепление предстартовых традиций, ритуалов и суеверий.

Целью данной работы является изучение особенностей традиций, ритуалов и суеверий, связанных с предстартовым периодом, описание их основных формальных групп, рассмотрение различных факторов, влияющих на существование этих феноменов в профессиональной жизни космонавтов.

Изучение предстартового периода под призмой заданной проблематики, показало, что абсолютно все космонавты и астронавты так или иначе стараются не вступать в противоречия с принятыми в этом профессиональном сообществе приметами и суевериями, а также стремятся соблюдать все укоренившиеся за 55 лет существования пилотируемой космонавтики традиции и обычаи.

Изученные космические суеверия, приметы и традиции целесообразно классифицировать по группам. За основу для описания и выделения данных явлений можно взять временные периоды предстартовой подготовки. На этот описательный алгоритм четко ложится описание последовательности ритуалов, строго соблюдаемых космонавтами от момента отлета в командировку на Байконур до момента страта: посещение Красной площади, возложение цветов у памятника Гагарина в Звездном городке, завтрак в летной столовой, фотографирование у стелы перед отлетом на Байконур. С аэродрома Чкаловский основной и дублирующий экипажи отправляются на разных самолетах. По прибытии на Байконур: поднятие флага своего государства, посадка деревьев на Аллее Героев (даже в зимний период). Вечером перед полетом просмотр фильма «Белое солнце пустыни». Перед отъездом на космодром космонавты расписываются на дверях номеров в гостинице. Прослушивание перед самым запуском любимых песен, репертуар каждый член экипажа выбирает сам. Космонавты с лестницы перед посадкой в кабину корабля обязательно должны помахать рукой на прощание.

Подмечено, что основой для появления основных космических традиций становятся многие из самых обычных и рутинных событий, произошедших в день удачного запуска. И в этом смысле космонавты действуют по принципу: зачем что-то менять, если все прошло хорошо.

Имеющиеся в профессиональном космическом сообществе традиции, суеверия и приметы также можно классифицировать с точки зрения психологических задач рассматриваемых феноменов. По такому принципу можно выделить пять групп:

- 1) система табу (запретов) на определенные действия (космонавт/астронавт не раздает автографы, если летит в космос впервые);
- 2) выполнение определенных ритуалов, связанных с ракетой (класть монеты на рельсы под ракету);

- 3) соблюдение традиций и обычаев, связанных с неудачными стартами (24 октября – черный лист в календаре советско-российской космонавтики);
- 4) ношение космонавтами амулетов и талисманов;
- 5) использование молитв, соблюдение некоторых религиозных обрядов;
- 6) коллективные привычки, выработанные по принципу целесообразности и в дальнейшем закрепленные традициями профессионального сообщества (космонавты на Байконуре здороваются без рукопожатия: данный обычай укоренился по причине существующих правил эпидемиологического режима);
- 7) традиции, заимствованные у другого профессионального сообщества – военной авиации (русские космонавты, также как и летчики, не произносят слово «последний», всем новичкам астронавтам обрезают галстуки – ритуал пришел из американской авиации).

Всего за предстартовый период удалось описать 48 примет, традиций и суеверий.

Таким образом, в поддержании космических традиций, примет и суеверий кроется значительный психологический смысл, так как ритуалы позволяют космонавту быстрее справляться с психоэмоциональным напряжением и с возможными переживаниями, связанными с космическим стартом. Знать и учитывать психологические механизмы и эффекты проявления этих психологических феноменов – значит во многом уметь управлять предстартовыми психологическими состояниями космонавтов.

МЕТОДИКА НА СОВМЕЩЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК НОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОФОТБОРА КОСМОНАВТОВ

Якимович Н.В.

**(АО «Научно-исследовательская часть Московского авиационного
технологического университета им. К.Э. Циолковского», г. Москва)**

Под совмещенной деятельностью понимается такая психическая деятельность, когда часть действий выполняются в автоматическом (или полуавтоматическом) режиме, т. е. без контроля со стороны сознания, а другая часть психических действий осуществляется под контролем сознания.

Процесс управления космическим кораблем особенно в сложных условиях стыковки с космической станцией тоже требует одновременного (параллельного) выполнения целого ряда действий: внимание должно быть сосредоточено на восприятии точности сближения узлов, а моторные действия должны выполняться в хорошо отлаженном режиме – автоматически, не отвлекая на себя контроль со стороны сознания (внимания).

Способность к выполнению совмещенной деятельности развита на высоком уровне отнюдь не у всех людей, поскольку эта способность является психической функцией более высокого порядка, чем такие первичные психические функции, как восприятие, мышление, память, моторика и т. п. Данная способность выполняет роль «дирижера» в работе первичных психических функций, т. к. она выступает регулятором их деятельности. Интегральные процессы психики устанавливают порядок протекания остальных психических процессов: именно они определяют, какие функции должны включиться в деятельность в данный момент времени, а какие функции должны прекратить свою работу.

Иными словами, интегральные процессы управляют сменяемостью действий и распределяют сознательный контроль над их протеканием. На этом основании способность к совмещенной деятельности относят к наиболее сложным процессам саморегуляции психики. Степень ее развития является врожденной характеристикой головного мозга и практически не тренируется.

Учитывая, что данная способность востребована во многих операторских профессиях, психологи АО «НИЧ «МАТИ» разработали специальную методику для оценки степени развития способности к совмещенной деятельности – под названием «Адаптивная Модель Операторской Деятельности» («АМОД»).

Методика «АМОД» и частные ее варианты представляют собой компьютерную игру, где происходит процесс стыковки самолета с дозаправщиком топлива. В ходе игры испытуемый должен выполнять курсором преследующее слежение за движущимся на экране объектом (автоматизированные моторные действия) и одновременно осуществлять арифметические расчеты, принимать по ним решения и выдавать двигательные ответы (действия с кнопками под контролем сознания).

Валидизация методики, оценка ее надежности и прогностических возможностей проводилась в авиации и космонавтике.

Методика применялась в эксперименте «МАРС-500» на базе ИМБП и получила высокую оценку специалистов в плане корреляции с другими валидными тестами, а также в плане чувствительности к текущим психическим состояниям космонавтов-испытателей. Корреляция результатов методики «АМОД» с известными психодиагностическими тестами (ЧКТ и Теппинг-тестом) составила $k = 0,7$ при $p \leq 0,05$.

Исследования, проведенные в авиакомпании «Аэрофлот», показали, что корреляция результатов методики с успешностью переучивания на самолеты типа «Аэрбас» и «Боинг» составляет $k = 0,6$ при $p \leq 0,05$. Методика «АМОД» наиболее точно предсказывала успешность пилотирования данных типов самолетов на «full flight» тренажерах по сравнению с другими тестами.

В авиакомпании «Волга–Днепр» с помощью методики «АМОД» прогнозировалось качество управления грузовым самолетом «Руслан» на этапе посадки в ручном режиме после длительных перелетов. Корреляция результатов выполнения нашей методики с качеством ручного пилотирования самолетов «Руслан» составила $k = 0,8$ при $p \leq 0,05$.

В настоящее время разрабатывается совершенно новый вариант теста с моделированием совмещенной деятельности в стрессогенных условиях, который будет направлен на диагностику устойчивости к помехам и профессиональному стрессу, – для пилотов, военных летчиков и космонавтов.

Введение в систему профотбора космонавтов методики «АМОД» позволит повысить качество и надежность прогнозов относительно профессиональной пригодности кандидатов, поможет контролировать их текущие психические состояния и умственную работоспособность, а также отслеживать признаки спада операторских способностей с возрастом.

ИЗУЧЕНИЕ ПАТТЕРНОВ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧИ ОПЕРАТОРОВ С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОГНИТИВНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМЫХ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

**Лебедева С.А.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

Анализ акустических характеристик речи позволяет оценить динамику эмоциональных и функциональных состояний человека-оператора непосредственно в ходе выполнения им профессиональной деятельности [1]. В отличие от традиционных способов исследования данный метод является неинвазивным и менее энергозатратным и может быть использован при мониторинге психофизиологического состояния человека в режиме реального времени.

Предлагаемый нами метод был протестирован в ряде модельных экспериментов на базе ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Для того, чтобы выяснить, возможно ли с помощью параметров акустических характеристик речи спрогнозировать эффективность когнитивной деятельности, была применена модель множественной регрессии и проведен дисперсионный анализ полученных уравнений.

Таким образом получилось четыре прогностические модели:

1. В экспериментах с «сухой» иммерсией у обследуемых-мужчин предикторами менее точных ответов в сенсомоторных тестах был голос с повышенным процентом джиттера и сниженным процентом шиммера, а также

относительно низкими ЧОТ и громкостью, низким процентом пауз и количеством голосовых импульсов. Низкие показатели процента пауз и количества голосовых импульсов также были предикторами более долгого выполнения простых математических операций. Пониженная громкость речи и повышенная медианная ЧОТ были также предикторами повышенной тревожности.

2. В эксперименте с 3-суточной «сухой» иммерсией у обследуемых-женщин предикторами менее точных ответов в сенсомоторных тестах был голос со сниженным процентом шиммера, «выравненной» ЧОТ (средняя ЧОТ показывала отрицательную связь паттерна с параметром, а медианная ЧОТ – положительную, что можно интерпретировать как увеличение медианы при уменьшении средних значений тонов, и, как следствие, более однородный частотный «ландшафт»), пониженной громкостью и увеличенным процентом пауз в речи. Предикторами более долгого решения простых математических операций были повышение процента пауз, увеличение медианной и уменьшение средней ЧОТ. Причем повышенная медианная и пониженная средняя ЧОТ также являлись предикторами повышенной тревожности в данном эксперименте.

3. В изоляционных экспериментах у обследуемых-мужчин предикторами большего времени принятия решений, а также большего количества сенсомоторных и когнитивных ошибок, был сниженный процент шиммера, повышенная громкость, «скачкообразное» изменение ЧОТ (средняя ЧОТ показывала положительную связь паттерна с параметром, а медианная ЧОТ – отрицательную, что можно интерпретировать как увеличение средних при уменьшении медианных значений тонов, и, как следствие, более разнообразный и менее однородный частотный «ландшафт»). Предиктором большего количества ошибок при решении простых математических операций была повышенная средняя ЧОТ. Повышенный процент шиммера в речи и повышение медианной ЧОТ были предикторами повышенной тревожности.

4. У обследуемых-женщин в аналогичных условиях предикторами худшей когнитивной работоспособности были снижение шиммера, повышение медианной ЧОТ и влияние циркадных ритмов (повышение количества сенсомоторных ошибок и времени выполнения математических операций наблюдалось преимущественно в утренние часы). Предикторами более долгого решения простых математических операций были сниженный процент шиммера, утренние часы выполнения методики, а также повышенная медианная ЧОТ. Повышенный процент пауз в речи был предиктором повышенной тревожности.

Дисперсионная модель показала, что уравнения множественной регрессии позволяют делать достоверный прогноз во всех случаях применения: нормированная по Стьюденту сигма регрессии для разных обследуемых в разных экспериментах не превышала стандартного отклонения 1,5.

Литература

[1] Агарков Ю.А., Козина М.Д., Косырев В.Н. Об использовании акустических показателей речи в диагностике психоэмоциональных состояний // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2002. – №. 2. – С. 83–85.

ВЛИЯНИЕ АФФЕРЕНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СЕНСОРНЫХ ВХОДОВ НА ОТОЛИТО-ОКУЛЯРНЫЙ РЕФЛЕКС ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

**Наумов И.А., Глухих Д.О., Билоус Е.А., Екимовский Г.А., Корнилова Л.Н.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)**

Невесомость влияет на вестибулярную функцию, прежде всего отолитовую, как непосредственно из-за потери гравитационного воздействия, так и, устраняя опорную и минимизируя проприоцептивную афферентацию, опосредовано через центральные интегративные мультисенсорные структуры центральной нервной системы, где осуществляется конвергенция афферентных сигналов различной сенсорной модальности (зрительной, вестибулярной, опорной и двигательной) [1, 2]. Это явилось причиной исследования отолито-окулярного рефлекса в ходе и после длительных космических полетов (КП).

В ходе наземных экспериментов «Сенсорная адаптация» и «ГейзСпин» до и после КП методами электро- и видеоокулографии у 64 российских космонавтов, членов длительных экспедиций на МКС (125–219 суток, в среднем ~175 суток) были исследованы: динамический вестибуло-шейно-окулярный рефлекс и вестибулярная реактивность полукружных каналов, статический торсионный отолито-шейно-окулярный рефлекс (ОШОР) при наклонах головы к плечу на угол 30°, отолито-окулярный рефлекс (ООР) при наклонах корпуса тела на угол 30° и отолито-окулярный рефлекс при действии центробежного ускорения с использованием центрифуги короткого радиуса (ООРЦФ). 9 космонавтов из 64 также участвовали в космическом эксперименте «Виртуал» (Этап 1) с исследованием ОШОР на борту МКС.

В невесомости на протяжении всего КП у всех обследованных космонавтов регистрировали достоверное снижение ОШОР с наличием атипичного отолито-окулярного рефлекса (инверсия или отсутствие торсионного противовращения глаз). После КП на R+1–4 сутки у 71 % космонавтов наблюдалось достоверное снижение ОШОР/ООР, у 29 % космонавтов атипичные вестибулярные реакции, при этом достоверных различий между ОШОР и ООР выявлено не было. Были обнаружены статистически значимые различия между величинами ОШОР/ООР и ООРЦФ до КП и на R+4–5, R+9–12 сутки после, при

этом на R+2–3 сутки разницы между ООРЦФ и ОШОР/ООР не наблюдалось. Возвращение отолитового рефлекса к фоновому уровню имело место только на R+9 сутки [2].

Кроме того, космонавты были сгруппированы следующим образом: общая группа, группа I (космонавты, впервые находившиеся в КП), группа II (космонавты, имевшие предварительный опыт КП).

Атипичный ОШОР (инверсия или отсутствие отолитового рефлекса) наблюдался в начале адаптации к невесомости у 7-и из 9-и космонавтов (1–2 недели КП), а затем неоднократно в течение всего КП имел место у всех космонавтов независимо от опыта пребывания в условиях невесомости (повторности полета). В начальный период КП изменения вестибулярной функции коррелировали с проявлениями космической болезни движений, однако в дальнейшем в ходе КП подобной симптоматики не наблюдалось, несмотря на значимые изменения в состоянии отолитового рефлекса.

После КП у космонавтов группы I чаще наблюдалось развитие атипичной формы ОШОР/ООР и его более выраженное снижение с одновременным увеличением реактивности полукружных каналов. При этом повторный КП приводил к значительному снижению продолжительности реадаптации к земным условиям и уменьшению выраженности вестибулярных нарушений [3]. Послеполетные различия между ООРЦФ и ОШОР/ООР не зависели от опыта пребывания в невесомости (были аналогичны для группы I и II) – восстановление ООРЦФ до предполетного (фоновое) уровня у космонавтов группы II наблюдалось, как правило, уже на R+5 сутки после КП [2, 3].

Повторное пребывание в длительном КП приводило к существенному, статистически значимому сокращению периода послеполетной реадаптации. Атипичные нарушения вестибулярной функции и изменение характера взаимодействия отолитов и полукружных каналов наблюдались преимущественно у космонавтов, впервые находившихся в условиях невесомости.

Сопоставление результатов исследования отолито-окулярного рефлекса различными методами продемонстрировали влияние не-вестибулярной афферентации на интенсивность отолито-окулярного рефлекса и его зависимость от других сенсорных входов. Проведенные эксперименты показали значимость объема сенсорной информации (афферентного потока) в обеспечении точности восприятия и ориентации в пространстве и необходимость восполнения сенсорного дефицита стимулами другой модальности в связи с развитием сенсорной депривации в ходе КП.

Работа выполнена по теме 63.1 в рамках базового финансирования РАН.

Литература

[1] J. Carriot, I. Mackrous, K.E. Cullen. Challenges to the Vestibular System in Space: How the Brain Responds and Adapts to Microgravity // *Frontiers in Neural Circuits*. – No 15. – 2021. – Article 760313. – P. 1–12. – DOI: 10.3389/fncir.2021.760313.

[2] Наумов И.А., Корнилова Л.Н., Глухих Д.О. и др. Влияние афферентации различных сенсорных входов на отолито-окулярный рефлекс в условиях реальной и моделируемой невесомости // *Физиология человека*. – 2021. – Т. 47. – № 1. – С. 84–93.

[3] C. Schoenmaekers, C. De Laet, L. Kornilova et al. Ocular counter-roll is less affected in experienced versus novice space crew after long-duration spaceflight // *npj Microgravity*. – 2022. – No 8. – Article 27. – DOI: 10.1038/s41526-022-00208-5.

ИТОГИ ПАНДЕМИЙНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ (COVID-19) И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ В ЦЕНТРЕ

**Савин С.Н., Войтулевич Л.В., Гришин А.П.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

11 марта 2020 года ВОЗ объявила Чрезвычайную ситуацию в мире по новой короновирусной инфекции (НКВИ), которой за три пандемийных года переболело 595 млн человек, из них 6,5 млн человек погибло. В работе проведен ретроспективный анализ заболеваемости НКВИ в Центре подготовке космонавтов (Центр) и проведена оценка эффективности проведенных противоэпидемических мероприятий в 2020–2022 годах.

Эпидемический процесс НКВИ является в целом типичным для большинства инфекционных заболеваний и характеризуется волнообразным течением. Подъемы заболеваемости НКВИ в Центре, несмотря на его организационно-производственные особенности (компактность, закрытость для посторонних, ограниченность контактов и самодостаточность в обеспечении производственных процессов), были синхронизированы с региональными и общероссийскими и не имели каких-либо выраженных особенностей.

Первый случай НКВИ среди работников Центра был зафиксирован 15 апреля 2020 года. В дальнейшем, до мая 2021 года, случаи заболеваний НКВИ регистрировались уже постоянно практически в течение всех месяцев.

Всего за период с апреля 2020 года по май 2023 года в Центре зарегистрировано 643 заболевших НКВИ. Это составляет 42,8 % от численности Центра. Из них доля заболевших в 2020 году составила 31 %, в 2021 – 28 %, в 2022 – 39 % и в 2023 (по состоянию на май) – 2 %. Даже исключая повторные случаи заболеваний (55 человек), в Центре за время пандемии переболел НКВИ практически каждый второй работник.

Распределение заболеваемости по отдельным возрастным категориям выглядит следующим образом: до 20 лет – 0 %, 20–30 лет – 4 %, 30–40 лет – 18 %, 40–50 лет – 17 %, 50–60 лет – 31 %, 60–70 лет – 23 %, старше 70 лет – 7 %.

В целом, характер заболеваний работников Центра НКВИ, ее течение и исходы соответствуют данным открытой печати. Длительность болезни в 65 % случаев не превышала трех недель, в 35 % случаев болезнь длилась от 3-х до 6 недель и включала более тяжелые случаи, связанные, в том числе, с госпитализацией и летальными исходами заболевших. Максимальные сроки лечения и трудопотерь по НКВИ в Центре составили 101, 56 и 47 дней.

Летальных случаев зарегистрировано три – все в старшей возрастной категории, в разных подразделениях Центра, с различным социальным уровнем.

Противоэпидемические антиковидные мероприятия (ПЭМ) организовывались и проводились на основании рекомендаций Роспотребнадзора, указаний губернатора Московской области и, на заключительном этапе пандемии, локальных документов ФМБА России и Госкорпорации «Роскосмос», и оформлялись Решениями чрезвычайного оперативного штаба Центра и Распоряжениями Начальника Центра

Применялись дезинфекционные мероприятия, ограничительные ПЭМ, дистанционные формы деятельности, выявление и удаление больных из коллектива, массовое тестирование на наличие IgM-антител и ПЦР-тестирование работников, использование средств индивидуальной защиты, вакцинация (удалось добиться вакцинации рекомендуемого охвата 70 % работников Центра), санитарно-просветительная работа.

Заключение

1. Центр достаточно успешно справился с проблемами, привнесенными пандемией НКВИ.

2. В условиях масштабной эпидемии, все подразделения Центра продолжали плановую работу и выполнили поставленный объем задач.

3. Опыт борьбы с крупнейшей за последние десятилетия эпидемией инфекционных заболеваний и функционирования Центра в условиях противоэпидемических ограничений применим и при предупреждении менее значимых, локальных эпидемий.

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ – ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Демина П.Н.
(ФГБУ «ФНКЦ КМ» ФМБА России, г. Москва)

Основным видом деятельности космонавта во время пилотируемого космического полета является операторская деятельность. Она связана с постоянным удержанием концентрации внимания и высокой умственной нагрузкой. Со временем человек начинает уставать и терять способность сосредоточиться на выполнении необходимых задач. Как следствие, усталость космонавта на фоне факторов удаленности от Земли, психоэмоционального стресса и повышенной ответственности за принятие решений может стать причиной критических ошибок оператора и значительно повлиять на выполнение миссии.

Одним из факторов, влияющих на психофизиологическое состояние человека-оператора, является освещение. Оно оказывает как визуальное, так и невидуальное воздействие. К первому можно отнести зрительный комфорт, визуальное восприятие, зрительное утомление и т. д. К невидуальному воздействию света относится влияние на циркадные ритмы человека и его психоэмоциональное состояние через фотопериодическую систему головного мозга. Исследования показали, что за подстройку организма к суточному циклу освещенности отвечают внутренние светочувствительные ганглиозные клетки сетчатки (*intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs)*). Они чувствительны к синей части видимого светового спектра (460–490 нм), поэтому воздействие такого света способно оказать возбуждающий эффект на организм, что подтверждается исследованиями электрической активности головного мозга при освещении с различной цветовой температурой [1]. Таким образом, более холодный свет оказывает активирующее воздействие на организм, а более теплый – релаксирующее. Причем холодный свет сильнее влияет на психофизиологическое состояние человека, чем теплый.

В настоящее время свойство освещения воздействовать на человека уже используется в системах динамического освещения. Существует концепция человеко-ориентированного освещения (биодинамического освещения) – *Human Centric Lighting (HCL)*, суть которой заключается в имитации изменения естественного света в течение дня путем плавной смены цветовой температуры и интенсивности излучения световых источников. На сегодняшний день уже ведутся разработки по созданию и внедрению биодинамического освещения в российском сегменте МКС [2]. Предложенная система позволяет моделировать в космическом модуле суточный цикл изменения освещения

в определенный день на определенных широтах с помощью светодиодных светильников. Однако данная система не учитывает психофизиологическое и эмоциональное состояние человека, его вид деятельности и т. д.

Современные технологии позволяют разработать такую систему освещения в модулях пилотируемых космических комплексов, которая смогла бы адаптироваться под человека, учитывать уровень его усталости и оказывать корректирующее влияние на организм. Для этого необходимо записывать и анализировать физиологические показатели для объективной оценки уровня утомления в режиме реального времени. Для анализа информации возможно использовать новейшие алгоритмы машинного обучения. Так, в Республике Корея была создана платформа интеллектуального управления освещением на базе данных о повседневной жизни людей Lifelog, которая включает в себя информацию об окружающей среде, активности человека, эмоциональную и биометрическую информацию, получаемую из смартфона пользователя [3].

Для работы адаптивной системы сначала требуется сформировать базу данных о человеке (определить индивидуальные нормы тех или иных показателей), после чего данные классифицируются, сравниваются, сопоставляются и анализируются для создания моделей психоэмоциональных состояний и соответствующих моделей освещения. После этого текущие физиологические показатели сравниваются с моделями из базы данных, и определяется наиболее близкое психоэмоциональное состояние человека. Далее система плавно подстраивается по соответствующим алгоритмам под это состояние.

Для использования в пилотируемых космических полетах целесообразно совместить концепцию биодинамического освещения с адаптивной системой. Таким образом, система освещения может использоваться для уменьшения степени утомления человека-оператора как непосредственно во время выполнения операторских задач, так и опосредованно через влияние на циркадные ритмы. Автором данной работы был предложен алгоритм, когда в обычном режиме моделируется естественное освещение по установленному сценарию, а во время выполнения космонавтом сложной операторской деятельности (например, удаленное управление ровером) происходит переключение на адаптивный режим.

Литература

- [1] Корсакова Е.А., Слезин В.Б., Шульц Е.В. и др. Воздействие белого света с варьируемой цветовой температурой на электроэнцефалограмму человека // ВНМТ. – 2012. – № 4. – С. 30–33.
- [2] Батраков В.В., Крылов А.И., Макаров Р.В. и др. Применение тренажера МИМ1 для экспериментальной отработки перспективной системы внутреннего освещения модулей российского сегмента МКС // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 3(36). – С. 41–53.
- [3] Cho Y. et al. Platform design for lifelog-based smart lighting control // Building and Environment. – 2020. – Vol. 185. – P. 107–267.

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ АНАЛОГА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПЛАНЕТНЫХ БАЗ

Берсенеv Е.Ю., Бинги В.Н.
(ФГБУ «ФНКЦ КМ» ФМБА России, г. Москва)

Васин А.Л.
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Считается, что магнитное поле Земли, возникает вследствие постоянно-го движения жидкого металла в ядре планеты, когда в результате динамо-процесса генерируются электрические токи. Вращение Земли вокруг своей оси заставляет эти электрические токи образовывать магнитное поле (МП), охватывающее планету и распространяющееся в ближнюю космическую среду. Исследования космического пространства в середине прошлого века открыли магнитосферу Земли – магнитную оболочку нашей планеты, которая экранирует Землю от космической радиации, создающей серьезную опасность для жизни. Магнитное поле также сохраняет и удерживает структуру атмосферы, являющейся естественной защитой Земли, в том числе от галактического излучения, во время сильных солнечных бурь.

Планирование пилотируемых полетов в дальний космос в условиях отсутствия магнитосферы Земли обязывает серьезно отнестись к вопросам экспериментального моделирования гипوماгнитных полей (ГМП), воздействующих на организм человека и созданию искусственного геомагнитного поля для обеспечения безопасности и надежности защиты человека на напланетных базах. Одними из наиболее чувствительных к воздействию ГМП системами организма человека являются центральная нервная система и сердечно-сосудистая система [1].

Результаты исследования когнитивной деятельности человека, проведенного на 40 испытуемых-добровольцах, показывают, что ослабление (компенсация) геомагнитного поля в 100 раз в течение более 1 часа угнетает когнитивную деятельность человека, выражающуюся в росте количества ошибок и замедлении времени ответа в тестах [2]. Возникает дисбаланс основных нервных процессов, например, в виде преобладания торможения, удлинения времени реакции на появление объекта в режиме аналогового слежения, возрастания амплитуды нормального физиологического тремора. Рядом исследований установлено негативное влияние ослабления и колебаний геомагнитного поля на состояние сердечно-сосудистой системы:

в условиях окислительного стресса ослабленное магнитное поле может нарушать функциональное состояние эритроцитов и способствовать гибели клеток;

при воздействии ГМП на эмбрионы японских перепелов проявлялись нарушения в развитии сердечно-сосудистой системы, выражающиеся в аномалиях формирования сердца и его сосудов;

воздействие ГМП влияет на капиллярный кровоток, артериальное давление и частоту сердечных сокращений;

кратковременное (1 час) воздействие человека в периодически меняющемся ГМП приводило к активации механизмов регуляции сердечного ритма, вплоть до неудовлетворительной адаптации по индивидуальным показателям variability сердечного ритма (ВСР).

Собственными исследованиями последних лет подтверждена синхронизация сердечного ритма испытуемых с изменениями фонового магнитного поля [2]. Результаты кросскорреляционного анализа отдельных показателей variability сердечного ритма показали, что при обычном фоновом МП синхронизация длительности кардиоинтервалов (ДКИ) достигается во временном интервале 100–150 мин. В случае ГМП положительная кросс-корреляция с длительностью кардиоинтервалов происходит без задержек. Отмечено, что ДКИ синхронизированы или следуют за локальным геомагнитным полем. Очевидно, колебания локального, фонового МП с полупериодом около 2,5 часов вызывают изменения ДКИ с близким полупериодом колебаний, которые отрицательно коррелируют с изменением геомагнитного поля MOS-N на экспериментальный день записи без компенсации МП (данные обсерватории Троицка (ИЗМИРАН).

Таким образом, анализ влияния ГМП на здоровье человека показывает, что в случае осуществления дальних межпланетных полетов, в том числе к Луне и Марсу необходимо создание в корабле (или напланетной базе) управляемого МП с характеристиками, аналогичными магнитному полю на поверхности Земли. Материал подготовлен в рамках планируемой темы «Теоретическое и экспериментальное обоснование средств и методов длительного моделирования гипомагнитной среды и защиты от его неблагоприятного действия на организм применительно к экипажу межпланетной экспедиции».

Литература

[1] E.Yu. Bersenev, A.L. Vasin, M.R. Onuchina, V.Yu. Kukanov, O.I. Orlov. Changes in the heart autonomic regulation after many hours of compensation of the Earth magnetic field. AIP Conference Proceedings 20 July 2023; 2549 (1): 180001. <https://doi.org/10.1063/5.0108368>.

[2] Бинги В.Н., Саримов Р.М., Миляев В.А. Влияние компенсации геомагнитного поля на когнитивные процессы человека // Биофизика. – 2008. – Т. 53, № 5. – С. 856–866.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ КОСМОНАВТОВ, ЗАКОНЧИВШИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Каспранский Р.Р., Демиденко С.Е., Фабер Е.Д.
(ФГБУ «ФНКЦ КМ» ФМБА России, г. Москва)

Надежность и безопасность пилотируемых космических программ реализуется не только благодаря совершенствованию технических систем и систем управления, но и в результате развития системы медицинского обеспечения здоровья, работоспособности космических экипажей, включая вопросы их профессионального долголетия. При этом, важно отметить, что системный подход к оценке влияния факторов космического полета на здоровье человека невозможен без анализа отсроченных эффектов космического полета на организм космонавта [1].

Воздействие неблагоприятных факторов космического полета может приводить к формированию в организме космонавта различных функциональных и соматических изменений, которые в конечном итоге реализуются в заболевании различных органов и систем.

С целью изучения состояния здоровья космонавтов, закончивших профессиональную деятельность, и оценки наличия у них отсроченных эффектов космических полетов с 2013 года в ФМБА России проводится НИР «Долголетие». Программа углубленного обследования космонавтов включает консультации специалистов и углубленное обследование с применением современных методов диагностики.

С 2013 года по настоящее время проведено обследование 36 космонавтов, в возрасте от 45 до 88 лет.

В ходе проведенных углубленных обследований были выявлены согласно Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ), болезни: органов пищеварения – 100 %, системы кровообращения – 94,4 %, глаза и его придаточного аппарата – 75 %, органов дыхания – 74,9 %, костно-мышечной системы и соединительной ткани – 66,6 %, эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ – 61,1 %, мочеполовой системы – 58,3 %, новообразования – 55,5 %, уха и сосцевидного отростка – 47,2 %, нервной системы – 30,5 %, кожи и подкожной клетчатки – 19,4 %, полости рта – 13,8 %, инфекционные и паразитарные – 8,3 %, крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм – 5,5 %, симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках – 2,7 %.

Результаты биохимических исследований свидетельствуют об отсутствии различий с возрастными изменениями данных показателей.

Одной из задач исследования был поиск корреляции между факторами профессиональной деятельности и состоянием здоровья космонавтов. Рассматривались такие факторы как возраст, общая длительность полетов (ОДП), общее время вне корабельной деятельности (ВКД), время прошедшее с крайнего полета на момент обследования (ΔТ) и их связь с общим количеством заболеваний. Число заболеваний было рассчитано на основе бинарных переменных по каждому классу заболеваний из 15 выявленных в ходе обследований. Были использованы корреляции Пирсона и Спирмена, а также пошаговая линейная регрессия с коррелирующими переменными и диаграмма Парето в пределах факторов, которые могут повлиять на здоровье.

Диаграмма Парето показала статистически значимую связь между ОДП и заболеваниями мочеполовой системы. Достоверной связи между количеством заболеваний и профессиональной деятельностью выявлено не было. Возможно, это было связано с тем, что более 80 % первых обследований были выполнены через 10–40 лет после крайнего полета. Также можно предположить проблемы с интегральной оценкой состояния здоровья космонавтов-ветеранов, так как диагнозы включали в среднем 7 групп заболеваний по МКБ. Данный результат также может быть обусловлен дизайном исследования. Это свидетельствует о потребности в разработке интегральных показателей здоровья, позволяющих оценить степень тяжести комплекса болезней при полиорганной патологии.

В связи с этим возникает необходимость продолжения медицинских обследований по данной программе для повышения статистической достоверности результатов, а также разработке рекомендаций по совершенствованию системы медицинского обеспечения космических полетов.

Проведение периодических углубленных медицинских обследований и последующий анализ их результатов позволит выявить наиболее уязвимые для неблагоприятных факторов космического полета системы организма человека, усилить диагностику этих систем на этапе отбора кандидатов в космонавты [2], улучшить систему медицинского обеспечения пилотируемых полетов.

Литература

[1] М.В. Баранов, И.М. Шестопалова, О.Ю. Минина. Проект «Долголетие» // Пилотируемые полеты в космос. Материалы 10-й Международной научно-практической конференции 27–28.11.13. Звездный городок. – С. 294.

[2] Концептуальные подходы к построению системы отбора космонавтов в свете предстоящих задач перспективных пилотируемых программ / Б.И. Крючков, М.М. Харламов, В.М. Усов, Р.Р. Каспранский и др. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 4(37). – С. 5–27.

МЕДИЦИНСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАРТОВОЙ ПОДГОТОВКИ РОССИЙСКИХ ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖЕЙ SPACEX CREW-5, CREW-6 И CREW-7

Серебрякова Р.В.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Медицинская предстартовая подготовка членов экипажей является актуальной и первоочередной задачей для обеспечения успешного старта и работы космонавтов во время начального этапа космического полета, особенно его автономной части.

В июле 2022 года в рамках программы МКС было подписано соглашение о перекрестных полетах российских космонавтов на американских кораблях Crew Dragon и американских астронавтов на российских кораблях «Союз МС». Реализация соглашения позволяет при отмене или существенной задержке запуска российского или американского корабля обеспечить присутствие на борту МКС как минимум одного космонавта Роскосмоса и одного астронавта НАСА для обслуживания, соответственно, российского и американского сегментов станции.

Данная работа посвящена особенностям медицинской предполетной подготовки российских космонавтов на территории США (космического центра Джонсона и космического Центра Кеннеди) для полета на пилотируемом корабле SpaceX. На сегодняшний день старт на МКС на американских кораблях Crew Dragon выполнили три российских космонавта. Проведен сравнительный анализ российской и американской системы предстартовой подготовки и выявлен ряд отличий, которые необходимо учитывать при подготовке космонавтов к старту на кораблях Crew Dragon.

В первую очередь три анализируемых старта осуществлялись в разных санитарно-эпидемиологических условиях из-за карантинных мероприятий в связи с коронавирусной инфекцией (COVID-19). Помимо обязательного 14-дневного карантина для всех членов экипажа, у космонавта экспедиции Crew-5 по прибытию в США был дополнительный десятидневный, у космонавта экспедиции Crew-6 был дополнительный пятидневный карантин. У космонавта экспедиции Crew-7 был только общий четырнадцатидневный карантин. В связи с разными общими сроками карантина вносились правки в программу медико-биологической подготовки. Все участники предстартовой подготовки соблюдали требования по вакцинации, рекомендуемые американской стороной. Кроме тестов на COVID-19 (количество которых было больше, чем при российской подготовке), были проведены тесты на инфекции гриппа А, В и респираторно-синцитиальный вирус.

Вся предстартовая медицинская подготовка проходила на территории Космического центра имени Л. Джонсона (Хьюстон, США) и Космического центра имени Джона Ф. Кеннеди (Флорида, США). Кроме климатических отличий в сравнении с российской базой были особенности в проведении предстартовой обсервации, а именно, в помещениях, где находился экипаж до старта не было окон, не возможно было определить световой день, постоянно создавался определенный шум, похожий на шум систем жизнеобеспечения на МКС, отличался температурный режим от стандартной комнатной температуры.

Предстартовая подготовка также включала в себя теоретические и практические занятия по изучению медицинских укладок корабля Crew Dragon (корабельная), индивидуальной и скафандровой. Проводилось тестирование препаратов из этих укладок на лекарственную переносимость, а также обучение космонавтов работе с часами Apple Watch для диагностики нарушения ритма. Для космонавтов были изготовлены и надеты перед стартом браслеты с необходимой для службы спасания информацией (Ф.И.О., возраст, антропометрические данные, группа крови и резус-фактор, данные по исследованию глюкозы-6-фосфатдегидрогеназы). Все члены экипажа прошли обучение приемам оказания само- и взаимопомощи на корабле Crew Dragon.

В отличие от предстартовой подготовки на российской базе в США вестибулярная подготовка проводилась не посредством вращений на кресле Барани, а в бассейне с использованием специальных упражнений в воде. Для тренировки гемодинамики вместо ортостатического стола использовали модифицированный спортивный тренажер, углы наклона на котором были определены с погрешностью до 5°. Сон в антиортостатическом положении не применялся в связи с травмоопасностью (особая конструкция кровати).

Негативную роль в психологическом состоянии космонавтов сыграли неоднократные переносы старта на начальных и заключительных этапах. На заключительном этапе приходилось повторять санитарно-гигиенические и подготовительные процедуры.

Т. о., проведенная предстартовая медицинская подготовка позволила всем членам экипажа успешно выполнить старт и последующую стыковку с МКС. Некоторые особенности подготовки целесообразно использовать при старте на российском корабле.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ КОСМОНАВТОВ

Харламов М.М.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Бухтияров И.В.

(ФГБНУ «НИИ МТ», г. Москва)

Ушаков И.Б.

(ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Буриазяна ФМБА России, г. Москва)

Бетц К.В.

(ФГБНУ «НИИ МТ», г. Москва)

Воронков Ю.И.

(ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва)

Ранее в работах было установлено, что смертность космонавтов мужского пола СССР и России, имеющих опыт хотя бы одного космического полета, достоверно ниже как по сравнению с населением России, так и по сравнению с космонавтами, которые были отобраны в отряд, но не совершили космический полет (Ушаков И.Б., Бухтияров И.В., Воронков Ю.И. и др., 2018–2022). Если более низкие риски смерти космонавтов по сравнению с населением можно объяснить влиянием эффекта «здорового работника» и высокими уровнем социально-экономического обеспечения, качества жизни, приверженности здоровому образу жизни и доступностью медицинской помощи, то факт более низкой смертности космонавтов по сравнению с их коллегами без опыта космического полета требует дальнейшего изучения.

Было выдвинуто предположение, что профессиональное образование (ПО) космонавтов может так или иначе оказывать влияние на показатели их смертности, поскольку ПО является непосредственной основой траектории профессиональной реализации человека и, как следствие, удовлетворенности в жизни в целом, имеющей прямую связь со смертностью (Andersen NK, 2021). Учитывая сказанное, целью исследования являлось изучение основной специальности ПО космонавтов СССР и России и его ассоциации со средним возрастом смерти за период с 1960 по 2022 гг. Источники информации, критерии включения в исследование подробно описаны в наших более ранних работах. При сборе информации о ПО космонавтов были использованы следующие критерии: окончившим любое военное авиационное училище/школу присваивался признак «военный пилот»; окончившим любое гражданское образовательное учреждение по одной из инженерных специальностей присваивался признак «инженер»; получившим другое образование (врач, биолог, журналист, др.) был присвоен признак «другое».

За изучаемый период в отряды космонавтов были зачислены 270 человек мужского пола, из которых 124 человека имели опыт космического полета (группа 1), 146 – не имели (группа 2). Группы космонавтов оказались гомогенны по основной специальности ПО: большая часть космонавтов были военными пилотами (51,6 % в группе 1, 46,6 % в группе 2), инженеры составили 41,9 % и 39,0 %, соответственно, на другие специальности пришлось 6,5 % в группе 1 и 14,4 % в группе 2. Среди умерших космонавтов также отмечена однородность по признаку ПО. Из 43 человек, умерших в группе 1, 58,1 % были военными пилотами, 34,9 % – инженерами; из 70 человек, умерших в группе 2, доля военных пилотов составила 51,4 %, доля инженеров – 40,0 %.

Средний возраст зачисления в отряды для космонавтов, имеющих и не имеющих опыт космического полета, был схожим внутри подгрупп специальностей ПО. Военные пилоты были зачислены в отряд в возрасте 29,8 лет (группа 1) и 30,9 лет (группа 2), $p=0,13$. Средний возраст зачисления инженеров оказался на несколько лет выше: 32,7 лет для группы 1 и 32,5 для группы 2 ($p=0,45$). Лица с другим образованием из группы 1 были зачислены в возрасте 33,1 лет, из группы 2 – в 31,8 лет ($p=0,29$).

Средний возраст живущих космонавтов имел большую, но статистически незначимую вариативность внутри подгрупп. Для военных пилотов в группе 1 средний возраст живущих составил 63,9 лет, в группе 2 – 67,1 лет ($p=0,16$), для инженеров – 64,2 и 67,0 лет, соответственно ($p=0,25$), для космонавтов с другим образованием – 66,3 и 71,1 лет, соответственно ($p=0,30$).

Наибольший интерес представляет анализ среднего возраста смерти космонавтов. Для инженеров и лиц с другим образованием средний возраст смерти характеризовался отсутствием значимых отличий: инженеры, имеющие опыт космического полета, умирали в среднем в 68,3 лет, а их коллеги без опыта полета – в возрасте 68,6 лет ($p=0,47$); у космонавтов с другим образованием средний возраст смерти составил 60,7 и 59,0 лет, соответственно ($p=0,41$). Иной результат получен для военных пилотов, среди которых средний возраст смерти космонавтов, совершивших космический полет, составил 67,4 лет, а средний возраст смерти космонавтов, не совершивших космический полет, был достоверно меньше более чем на 10 лет (56,8 лет, $p=0,01$).

Полученные результаты подтверждают выводы предыдущих работ в части того, что космонавты, которые были отобраны в отряды, прошли многоэтапную подготовку к космическому полету, но по той или иной причине его не совершили, характеризуются худшим состоянием здоровья.

Одной из причин этого феномена является разница в траектории профессиональной реализации. Инженеры и представители других «гражданских» профессий, обладая большей социальной мобильностью, чем военные

пилоты, имеют и большие карьерные преимущества. Для них карьера космонавта, пусть и не в полной мере завершенная, является частью символического капитала, который может быть использован при смене профессии после ухода из отряда. Карьерная стратегия военных пилотов имеет другой характер и отличается большей степенью направленности на достижение конкретных целей. Неудача в профессиональной деятельности при высоком уровне усилий есть основа кризиса gratификации, социальной фрустрации и длительного психоэмоционального напряжения, которые достоверно связаны с функциональными и соматическими изменениями в организме человека и ранней смертностью (Попков В.М. и соавт., 2011; Майсак Н.В. и соавт., 2013; Щетинина Н.А., 2017 и др.). залогом продления профессионального долголетия должны служить своевременность диагностики подобных состояний и оказания специализированной медико-психологической помощи.

Таким образом, необходимы дальнейшие исследования состояния здоровья уникальных профессионалов – космонавтов, отобранных в отряды, но не совершивших космический полет, с целью изучения других значимых факторов, влияющих на их продолжительность жизни и смертность, в том числе от отдельных нозологических форм.

СЕКЦИЯ 8

**НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ
ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ**

Цифровая экосистема будет представлять из себя общую цифровую платформу, связывающую участников подготовки и космонавтов посредством предоставления общих сервисов для построения решений. Платформа позволит участникам экосистемы быстро и качественно получать доступ к необходимой информации в одном месте, решая, таким образом, задачи совершенствования информационно-методического обеспечения подготовки космонавтов [1].

Экосистема должна строиться на следующих принципах [2]:

- модульность;
- совместимость всех компонентов;
- единый центр координации;
- вход по одному ID во все сервисы.

В рамках формирования цифровой экосистемы необходимо нарастить функциональность имеющихся информационных систем (ИС), внедрить отсутствующие на данный момент целые классы ИС, решить вопросы межсистемной интеграции.

При разработке ТСПК РОС необходимо реализовать возможность их интеграции в общую цифровую платформу.

Интеграцию систем на уровне представлений предлагается реализовать путем создания универсального интерфейса пользователя.

Разработка и внедрение экосистемы на базе цифровой платформы положительно скажется на основных принципах функционирования системы подготовки космонавтов.

Литература

[1] А.А. Курицин, М.М. Харламов, В.П. Хрипунов. Система подготовки космонавтов в Российской Федерации: Монография. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2020. – 318 с.

[2] Мармونتова Т.В. Роль цифровых экосистем в системе государственного управления и бизнес-процессов в период пандемии / Т.В. Мармونتова // Цифровая наука. – 2020. – № 12. – С. 108–117.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕСТОВОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ SIMINTECH В ОТДЕЛЕ ЦЕНТРИФУГ

Гаврик И.Н., Белявцев С.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Центрифуга ЦФ-18 является сложным динамическим стендом, в котором кресло испытателя имеет 4 степени свободы и находится в поле моделируемой повышенной гравитации, поэтому обеспечение безопасности при подготовке и проведении исследований и испытаний всегда является актуальной задачей.

Во избежание алгоритмических ошибок при создании управляющих программ для центрифуги, а также при проектировании функционального программного обеспечения для системы управления центрифуги, работу программ предварительно тестируют на математических моделях системы управления центрифуги. В первые годы эксплуатации центрифуги ЦФ-18 математические модели создавались на языках программирования FORTRAN, PASCAL с использованием библиотек подпрограмм для научных исследований, что требовало наличия у инженеров хороших навыков по программированию. Позже появились программные продукты, предназначенные для, исследования, анализа процессов в системах автоматического управления и других технических системах, описание динамики которых может быть представлено в виде системы дифференциально-алгебраических уравнений и/или реализовано методами структурного моделирования, что значительно снизило требования к навыкам программирования у пользователей. Наиболее известными из них являются такие программные продукты, как Matlab/Simulink (MathWorks), Dymola (Dassault), AMESim (Siemens), SCADE (ANSYS), VisSim (Visual Solutions), SimulationX (ESI ITI GmbH), Simscape, LabVIEW (National Instruments).

В отделе центрифуг ЦПК имени Ю.А. Гагарина получен опыт разработки и применения программ и моделей с использованием тестовой версии российского программного продукта – среды динамического моделирования технических систем SimInTech, дистрибутив которого был предоставлен его разработчиком – ООО «3В Сервис», г. Москва. SimInTech является гибким и мощным универсальным средством для разработки сложных расчетных моделей, оптимизации, анализа процессов и систем, создания виртуальных аналогов приборов для контроля и управления переходными процессами в объекте моделирования.

В докладе представлены виды и примеры применения структурных (в графическом виде) математических моделей систем центрифуги и расчетных моделей, позволяющих:

- рассчитывать графики векторов линейной перегрузки, угловой скорости в системе координат, связанной с креслом испытателя, получаемые в результате задания сложных управляющих воздействий до реального вращения центрифуги;
- проводить построение графиков и пересчет параметров вращения центрифуги при анализе работы системы управления;
- управлять центрифугой в реальном времени по сложным программам и алгоритмам, которые невозможно реализовать посредством составления таблиц;
- проводить обработку больших массивов данных, полученных от датчиков измерения технических параметров имитатора планетохода;

– выполнять 3D-визуализацию вращения макета центрифуги, для предоставления оператору центрифуги в реальном времени наглядной информации о положении испытателя в пространстве.

Все представленные модели созданы инженерами, обладающими знаниями по программированию в объеме курса «Программирование» для специалиста технического ВУЗа.

SimInTech не имеет аналогов среди отечественного ПО и является важнейшим инструментом для высококвалифицированной функциональной и технической эксплуатации динамических стендов и ТСПК на их базе.

Литература

[1] Программное обеспечение SimInTech для программирования приборов систем управления / Ф.И. Баум, О.С. Козлов, И.А. Паршиков, В.Н. Петухов, К.А. Тимофеев, А.М. Щекатуров // Атомная энергия. – 2012. – Т. 113, вып. 6. – С. 354–357.

[2] Построение распределенных моделей в системе SimInTech: методические указания / сост.: С.П. Хабаров, М.Л. Шилкина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – 122 с.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ООО «ЦЕНТР ТРЕНАЖЕРОСТРОЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА» ПО РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И СОЗДАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Янюшкин В.В.

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Прошедший 2022 г. поставил перед многим государственными организациями и компаниями задачу решения вопросов, связанных с проблемами импортозамещения западных технологий и продуктов. В области космического тренажеростроения особенности импортозамещения связаны с заменой программных и аппаратных средств, используемых в составе тренажеров и средств подготовки, на Российские аналоги.

В качестве базовой программной платформы предлагается использовать операционную систему Astra Linux, которая адаптирована для работы с процессорными архитектурами x86-64, Arm, MIPS, «Эльбрус» и может быть развернута на различных типах устройств – от рабочих станций и серверов до вычислительных комплексов и компонентов критической информационной инфраструктуры. Система широко задействована в российских государственных организациях, органах федеральной и региональной исполнительной власти, а также образовательных учреждениях.

Astra Linux Common Edition может использоваться для создания полноценной рабочей станции, подходящей для решения практически всех повседневных задач (рис. 1).



Рис. 1. Единая платформа на Российских решениях в рамках импортозамещения для ТСПК

Программный комплекс средства виртуализации «Брест» реализует управление виртуальной инфраструктурой любой сложности с применением к ней всего комплекса средств защиты информации операционной системы специального назначения Astra Linux Special Edition. «Брест» предназначен для применения в информационных системах различного назначения, в том числе обрабатывающих информацию ограниченного доступа.

Таким образом, предлагаемый стандарт ООО «Центр тренажеростроек и подготовки персонала» в области импортозамещения для использования в рамках ТСПК включает в себя:

- платформа ПК (операционная система) – Astra Linux Special Edition (Astra Linux Common Edition);
- платформа системы виртуализации – программный комплекс средств управления защищенной средой виртуализации ПК СВ «БРЕСТ»;
- офисный пакет – LibreOffice;
- система управления базами данных PostgreSQL.

Согласно проведенному критическому анализу инструментальных средств работы с ПО в качестве основного языка программирования выби-

рается свободный язык C++. Среди рассмотренных сред разработки выделяются такие инструментарии, как Visual Studio, Eclipse и Code::Blocks. Однако, наиболее предпочтительным является среда Qt, обладающая мощным редактором кода, поддерживающая большое количество компиляторов, а также установку на любой платформе и имеющая интерфейс на русском языке.

Многолетний опыт ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» по разработкам космических тренажеров привел к созданию и внедрению инструментального средства прикладного программирования – тренажерной распределенной исполнительной оболочки (ТРИО). Библиотека ядра ТРИО исполнена на языке C++, является кроссплатформенной и полностью отвечает специфике тренажерно-моделирующего комплекса. При переходе с ОС Windows на Linux и Astra Linux востребованы новые разработки по идеологии ТРИО как в части управляющей программы интерфейса пользователя, так и технологического программного обеспечения.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ
«ДИАГНОСТИКА ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОСМОНАВТОВ»
И ОПЫТ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА 2 ЭТАПЕ
ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ**

**Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Ефименко Н.В.
(ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, г. Ессентуки)**

Проведенный анализ современных подходов к послеполетной медицинской реабилитации (ПМР) космонавтов показал крайне важное значение разработки технологий и методов решения не только восстановительных, но и диагностических задач [1, 2]. Целью было разработка инструмента экспресс диагностики космонавтов психофизического состояния космонавтов на 2 этапе ПМР.

Методы и организация исследования. Разработка программы для ЭВМ проводилась в Центре медико-биологических технологий, внедрение на базе санатория им. С.М. Кирова ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в городе Пятигорске. Программный код написан с помощью программного продукта, инструмента быстрой разработки приложений (RAD), на языке программирования C++ Borland C++ Builder. Во внедрении приняли участие 5 космонавтов мужского пола (Me (Q1; Q3) возраст 55 (52; 55) лет.

Результаты исследования и их обсуждение. Для комплексной диагностики состояния космонавтов на 2 этапе ПМР была разработана программа для ЭВМ «Диагностика психофизического состояния космонавтов» [3], главное окно программы представлено на рис. 1.

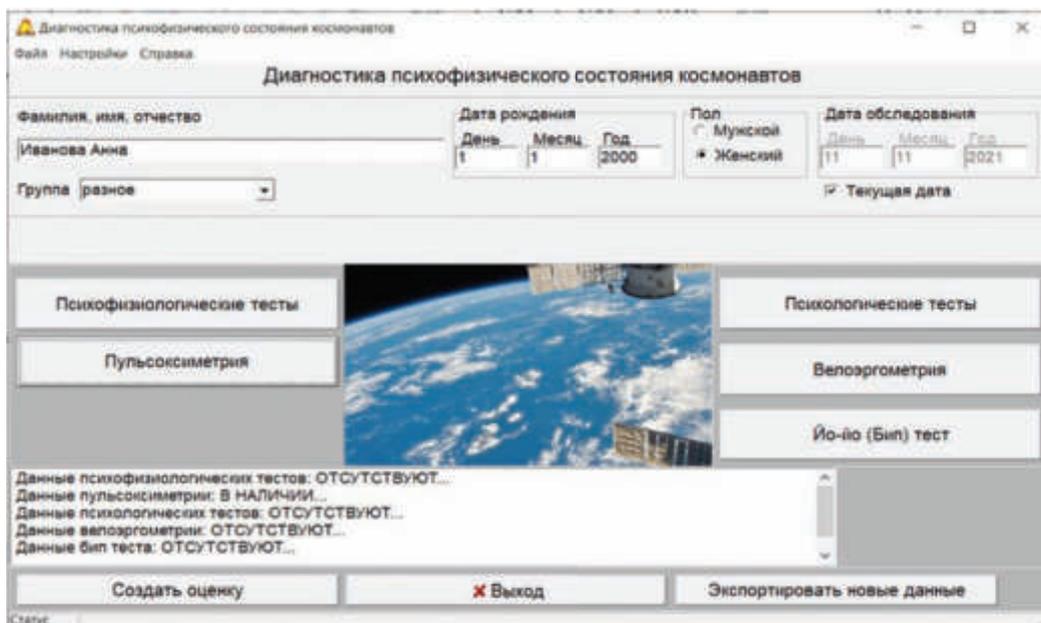


Рис. 1. Главное окно программы «Диагностика психофизического состояния космонавтов»

Программное обеспечение позволяет произвести диагностику психофизического состояния организма космонавтов, а также оценить отдельные его составляющие: функциональное состояние сердечно-сосудистой системы по данным пульсоксиметрии и велоэргометрического нагрузочного теста PWC 170, морфологический статус, психомоторные качества (простые и сложные сенсомоторные реакции), психологические свойства личности и текущее психологическое состояние (тревожность, фрустрация, агрессивность, ригидность психическая работоспособность, вработываемость, устойчивость). Программное обеспечение совместимо с пульсоксиметрическими датчиками подключаемые в USB порт компьютера Nonin 3231 и Berry BM3000B (автоматический режим измерения). Для других пульсоксиметрических датчиков используется ручной режим измерения. Велоэргометрия позволяет оценить физическую работоспособность, максимальное потребление кислорода, аэробную мощность, толерантность к нагрузке, параметры функционирования сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке.

Программа была внедрена в программу 2 этапа ПМР космонавтов в санаторно-курортных условиях. Результаты внедрения опубликованы [4]. По результатам тестирования было выявлено улучшение психофизического состояния космонавтов: физической и психической работоспособности, снижению ошибок и времени сенсомоторных реакций.

Заключение. Таким образом, разработана и внедрена программа для ЭВМ, позволяющая комплексно изучить психофизическое состояние космонавта на 2 этапе ПМР в санаторно-курортных условиях. Система прошла апробацию и характеризуется возможностью оперативного получения аналитической информации и сохранения результатов.

Литература

[1] Турчанинова В.Ф., Алферова И.В. Медицинский контроль и обеспечение безопасности российских космонавтов в длительных полетах // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2013. – Т. 47, № 6. – С. 11–17.

[2] Систематизация подходов к сохранению и укреплению профессионального здоровья космонавтов Российской Федерации / Р.Р. Каспранский, Л.И. Воронин, В.И. Почуев, В.В. Моргун // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – С. 99–107.

[3] Диагностика психофизического состояния космонавтов / С.В. Нопин, Н.В. Ефименко, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021667667, 1.11.2021. Заявка № 2021666753 от 25.10.2021.

[4] Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н. Технологии медицинской реабилитации опорно-двигательного аппарата и нервной системы космонавтов в санаторно-курортных условиях // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 3. – С. 189–196.

СЕКЦИЯ 9
МОЛОДЕЖЬ
ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО
ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТАРТ: ОТ ОБУЧЕНИЯ К ПРОФЕССИИ

Акимов А.О., Волощук К.С., Елисеева Т.В., Шишкина Л.Н.
(ГБПОУ «Воробьёвы горы», г. Москва)

Развитие космической отрасли – это дело умов и рук опытных ученых и молодых квалифицированных специалистов. Подготовка таких ценных кадров – процесс непрерывный и избирательный. И начинать подготовку будущих специалистов необходимо с самого детства, с привлечения внимания и формирования заинтересованности у детей и подростков.

Одним из мест, которое может стать отправной точкой профессионального становления в космической отрасли, является Центр технического образования Московского Дворца пионеров на Воробьёвых горах.

В центре реализуется широкий спектр разноуровневых образовательных программ технической направленности и систем оценки полученных и усвоенных знаний для ребят разного возраста: от программ по 3D-моделированию, промышленному дизайну, программированию на языках C++, Python, Java до таких программ как «Искусственный интеллект и нейронные сети на языке Python», «Программирование и управление БПЛА», программ по робототехнике.

Участие в различных тематических мероприятиях дает возможность обучающимся сформировать компетенции в выбранном направлении, реализовать полученные знания на практике и получить сертификат, подтверждающий освоение компетенций.

Одним из проектов, реализуемых в центре технического образования, является открытый городской инновационный научно-образовательный фестиваль «Технологический старт». Цель фестиваля – повышение мотивации школьников к научно-техническому творчеству, выявление и поддержка талантливой молодежи, продвижение практико-ориентированных проектов обучающихся.

В рамках данного проекта проходят такие мероприятия, как тематическая профориентационная программа «IT-навигатор», городской конкурс по программированию, мехатронике и технологиям цифрового производства «ТехноСтарт», городская программа компетентностного роста и профессионального самоопределения в сфере информационных технологий «IT-практика», городской конкурс «Девушки в IT», городской конкурс визуальных технологий и медиаторчества «ТехноБум», Московский молодежный робототехнический турнир, хакатон «Вызов принят!».

Организация хакатона «Вызов принят» по таким тематикам, как применение искусственного интеллекта и компьютерного зрения при наблюдении из космоса за лесными массивами Земли, а также при диагностике внешних

неисправностей космического летательного аппарата, позволяет решать задачи профориентации молодежи, привлечения ее интереса к сфере деятельности в космической отрасли.

Сертификация компетенций учащихся реализуется, например, в таком проекте как демонстрационный экзамен для обучающихся по дополнительным общеразвивающим программам, который проводится в Москве с 2017 года. В 2023–2024 учебном году демонстрационный экзамен будет проходить по 14 компетенциям: «Объектно-ориентированное программирование. Разработка приложений», «Разработка настольных приложений», «Компьютерное зрение», «Веб-дизайн», «Мехатронные системы. Электромеханика», «Робототехника. Программирование систем управления», «Эксплуатация дронов», «Прототипирование», «Промышленный дизайн», «Фирменный стиль», «Цифровая иллюстрация», «Фотография», «Медиатехнологии», «Видеопроизводство».

Независимая оценка сформированных умений и навыков обучающихся осуществляется экспертной комиссией, в состав которой входят специалисты профильных организаций среднего профессионального и высшего образования, представители организаций-работодателей. Партнерами демонстрационного экзамена, учитывающими успешную сдачу экзамена в качестве индивидуального достижения учащегося с добавлением дополнительных баллов при поступлении в вуз, являются организации высшего образования, входящие в проект Департамента образования и науки города Москвы по созданию сети Центров технологической поддержки образования.

Школьники 12–18 лет в режиме реального времени выполняют практикоориентированные задания, подтверждая освоенные компетенции. Успешно сдавшие это испытание получают сертификат с персональной оценкой их предпрофессиональных умений и навыков. Участие детей и подростков в таких мероприятиях, безусловно, способствует в выборе дальнейшего направления обучения и профессиональному самоопределению.

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СОРЕВНОВАНИЯ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

**Салмина М.А., Сухоцкий В.А., Чирков Д.К., Юдин А.В.
(ГБПОУ «Воробьёвы горы», г. Москва)**

Робототехнические системы стали неотъемлемой частью нашего мира, они используются, практически, во всех сферах деятельности человека, а одним из трендовых направлений развития робототехники был и остается космос, космические роботы.

Динамичное развитие такой высокотехнологичной науки как робототехника требует новых форм и технологий в ее изучении и преподавании.

Соревнования робототехнических команд стали одной из инновационных технологий в обучении и подготовке инженерных кадров, в том числе для космической отрасли.

Основными целями проведения робототехнических соревнований являются развитие и стимулирование интереса у детей и молодежи к практической деятельности в инженерной сфере и изучению робототехнических систем, профориентационная мотивация на научно-исследовательские, инженерные и высокотехнологичные профессии.

Разнообразные, ежегодно меняющиеся регламенты соревнований, постановка инновационных задач с ориентацией на актуальные тенденции развития робототехники, способствуют стимулированию творческой конструкторской мысли ребят, развитию инженерного мышления, нацеливает их на поиск новых знаний для решения важных научно-практических задач.

Соревнования робототехнических команд – это и площадка для обмена практическим опытом, идеями, знаниями, возможность дискуссии в дружеской атмосфере, самореализации творческого потенциала участников, а зрелищность и эмоциональный накал делают их еще привлекательней для юных робототехников.

Создание робота – это командная работа разнопрофильных специалистов, поэтому робототехнические соревнования как образовательная технология еще и задают направление дальнейшего обучения детей, их последующей специализации в инженерном деле.

На базе Московского дворца пионеров ежегодно проводится Московский молодежный робототехнический турнир, в рамках которого проходят соревнования по восьми регламентам.

Еще один формат робототехнических соревнований – Молодежный фестиваль по мехатронике и робототехнике «МиРобот», целью которого является формирование научно-технического и инженерного мышления детей и молодежи, реализация полученных знаний через применение принципов конструирования и программирования робототехнических систем. В рамках фестиваля проводятся соревнования на Кубок ЗНАТОК'а, конкурс PowerTech, Турнир по спортивному программированию, соревнования по регламентам «EUROBOT» – Международных молодежных робототехнических соревнований. Также в Москве проводится российский региональный этап EUROBOT.

Опыт проведения робототехнических соревнований подтверждает, что это перспективная современная образовательная технология по поиску, подготовке и поддержке новых высококвалифицированных кадров, популяризации современных инженерно-технических разработок.

РАБОТА С ОТКРЫТЫМИ ДАННЫМИ КОСМОНАВТИКИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ

Насонов Д.С.
(ГБПОУ «Воробьёвы горы», г. Москва)

В последние годы с появлением в космической отрасли частных компаний и развитием коммерческих пилотируемых полетов в космическое пространство возникает потребность в систематизации данных космонавтики. Это, в частности, затрагивает вопросы определения понятий границы с космосом [1] и полетов автоматических межпланетных запусков в глубокий космос [2].

В докладе анализируется опыт работы с данными в области космонавтики, представленными в открытых источниках и их использование в проектной деятельности учащихся по программам дополнительного образования ГБПОУ «Воробьёвы горы».

Литература

[1] McDowell, Jonathan C. The edge of space: Revisiting the Karman Line // Acta Astronautica. – Vol. 151. – October, 2018. – P. 668–677.

[2] McDowell, Jonathan C. General Catalog of Artificial Space Objects, release 1.5: [Электронный ресурс]. URL: <https://planet4589.org/space/gcat> (Дата обращения: 01.10.2023).

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ ОТКРЫТИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В МОСКОВСКОМ ДВОРЦЕ ПИОНЕРОВ

Денисенко Д.В.
(ГБПОУ «Воробьёвы горы», г. Москва)

Московский дворец пионеров на Воробьёвых горах на протяжении трех лет успешно проводит научно-образовательную программу для юных ученых-исследователей космоса «Центр открытия астрономических объектов». Инновационная программа реализуется педагогами Центра астрономического и космического образования с опытом работы в ведущих профильных научных учреждениях страны, таких как ИКИ РАН и ГАИШ МГУ.

Программа основана на авторских методиках воспитания юных первооткрывателей астрономических объектов и призвана сформировать у школьников интерес к будущей исследовательской деятельности. Ничто так не мотивирует к дальнейшим занятиям, как радость научного открытия. Открывая звезды и астероиды, наши обучающиеся вовлекаются в процесс самостоятельного получения новых знаний и получают навыки работы в реальном научном коллективе.

За время реализации программы «Центр открытия астрономических объектов» накоплен бесценный опыт работы со школьниками. Развивая творческое воображение, будущие ученые изобретают собственные оригинальные методы поиска и открытия астрономических объектов. В результате применения этих методов в 2022/2023 году количество открытий в нашем Центре выросло до 140. При этом свои первые сверхновые и переменные звезды открыли более 20 учащихся Центра.

Все открытия наших обучающихся официально зарегистрированы в астрономических базах данных и каталогах переменных звезд. Юные астрономы Московского Дворца пионеров регулярно участвуют в городских и всероссийских конкурсах научно-исследовательских работ школьников и становятся их лауреатами и призерами.

ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Глухарева Е.В.

(МБОУ «Лицей № 35 – образовательный центр «Галактика», г. Казань)

Важную роль в обеспечении технологического суверенитета страны в том числе развитии космической отрасли, играет организация бесшовного образования [2]: ранняя профориентация, формирование кадрового потенциала на уровне школы, дальнейшее обучение в организациях среднего специального и высшего образования, работа в отрасли.

Опыт формирования кадрового потенциала космической отрасли на уровне школьного образования в России весьма обширный: космические классы г. Москва, космические классы в г. Ростов-на-Дону, Центр аэрокосмического образования г. Казань и др. Разумеется, каждая образовательная организация реализует космическое направление при поддержке сетевых партнеров. Однако в то же время оказывается в закрытой системе слабой коммуникации с другими организациями общего образования. Если же коммуникация и существует, то как правило, носит характер образовательного туризма.

В Российской Федерации с 2019 года успешно функционирует Консорциум по развитию школьного инженерно-технологического образования под руководством Президента Консорциума Князевой Веры Владимировны [1], объединяя организации общего образования в достижении высоких стандартов школьного инженерного образования. С 2023 года в структуре Консорциума

появились кластеры по тематическим направлениям. Одним из них стал Аэрокосмический кластер под моим непосредственным руководством.

Цель работы кластера – создание условий для формирования единого образовательного пространства, направленного на реализацию потенциала каждого участника кластера, повышение качества образования в рамках тематики кластера, формирование кадрового потенциала в аэрокосмической отрасли.

Основными направлениями деятельности кластера по реализации поставленной цели служат:

- организация тесного сотрудничества и обмен опытом согласно разработанной дорожной карте;
- разработка единой современной оценки качества школьного аэрокосмического образования;
- реализация образовательного туризма;
- привлечение сетевых партнеров к участию в модели «школы консорциума – сетевой партнер»;
- разработка и реализация индивидуальных образовательных программ обучающихся в аэрокосмической отрасли.

Основными инструментами достижения поставленных целей служит организация:

- заседаний консорциума;
- мероприятий по диссеминации опыта в направлении работы кластера для управленческих команд, педагогического коллектива с привлечением сетевых партнеров;
- организация мероприятий обучающего характера для школьников с привлечением сетевых партнеров;
- организация конкурсов и соревнований для школьников под руководством сетевых партнеров;
- выездные мероприятия и др.

Литература

[1] Положение о Консорциуме по развитию школьного инженерно-технологического образования в Российской Федерации. – URL: <http://ingtech.info/okonsortsiume>.

[2] Понявина М.Б. Вызовы сфере образования в глобальном мире: из опыта борьбы с пандемией 2020 г. // Век глобализации. – 2021. – № 2. – URL: <https://www.globalistika.ru/vek-gl-1-1>.

РАЗВИТИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА В СОВРЕМЕННОЙ ШКОЛЕ

Сапарова К.И.

(МБОУ «Лицей № 35 – образовательный центр «Галактика», г. Казань)

Лицей № 35 – образовательная организация, одной из задач которой является профориентация обучающихся в аэрокосмическую отрасль на основе реализации аэрокосмического компонента. Эффективная реализация аэрокосмического компонента в рамках образовательных программ в школе во многом зависит от степени подготовленности педагогических кадров. Однако, существует кадровый дефицит педагогов. Более того, реализация аэрокосмического компонента не является содержанием нормативных документов в сфере образования на федеральном уровне.

Таким образом, в лицее существует потребность в:

- актуализации нормативной документации в сфере реализации аэрокосмического образования;
- подготовке педагогических кадров к реализации аэрокосмического компонента.

На основе анализа реализации аэрокосмического компонента в 2017–2022 гг., анализа компетенций педагогических работников, определены задачи по профессионализации педагогов лицея в части аэрокосмического образования:

1. Разработать skill сета педагога лицея, реализующего аэрокосмический компонент.
2. Определить и реализовать план работы по достижению педагогами указанного skill сета, а также критериев эффективности реализации проекта.
3. Провести мониторинг полученных результатов и рефлексию.

В мае 2023 года рабочая группа внутришкольного проекта «Проектирование и реализация карьерных треков педагогических работников» разработала skill сет педагогов.

Таким образом, в основе работы с педагогическим сообществом лицея на 2023–2026 гг. лежит инновационный подход к профессионализации педагогического коллектива на основе дополнения и частичной модернизации модели управления, совершенствовании сервиса сопровождения компетентностного роста педагогических работников [2]. В основе содержательного ядра профессионализации лежит интеграция инвариантной части формирования главным образом *hard skills*, а также вариативной части, предполагающую глубокую работу по формированию и развитию *self skills* как способа совершенствования всех компонентов компетентностной модели и реализации карьерного трека.

В целях реализации инвариантной части профессионализации педагогических работников, управленческой командой лицея в 2023–2024 учебном году запланированы тематические заседания педагогического совета. Тематика педагогических советов выбрана с учетом изменения нормативно-правового обеспечения деятельности образовательных организаций, а также с учетом передовых направлений развития общего образования.

Реализация вариативной части профессионализации педагогического коллектива основана на сочетании форм наставничества и сопровождения работников в избыточной образовательной среде [1] с упором на реализацию аэрокосмического компонента. Структура форм сопровождения и наставничества педагогов лицея представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура форм сопровождения профессионализации педагогов в области реализации аэрокосмического компонента

Литература

[1] Исаев И.Ф., Кормакова В.Н. Технология тьюторского сопровождения учебно-профессиональной самореализации студентов вуза // Вопросы журналистики, педагогики, языкознания. – 2012. – № 12(131). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-tyutorskogo-soprovozhdeniya-uchebno-professionalnoy-samorealizatsii-studentov-vuza-1>.

[2] Стародубцев Вячеслав Алексеевич. Становление открытой педагогической среды // Вестник ТГПУ. – 2018. – № 5(194). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-otkrytoy-pedagogicheskoy-sredy>.

ОСНОВЫ ПАТЕНТНОЙ РАБОТЫ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ КРУЖКЕ

Екимовская А.А., Лебедев В.В.

(Благотворительный фонд «Образование+» при МБОУ «Гимназия № 5», г. Королёв;
МАИ, г. Москва)

«Гром не грянет, мужик не перекрестится», – так гласит старинная русская пословица [1]. Эти слова наиболее точно отражают состояние патентной работы не только в школьных научно-технических кружках, но и во всей системе образования. То же самое можно сказать о подготовке к публичным мероприятиям. Например, при оформлении знакомого всем докладчиком «Экспертного заключения о возможности опубликования результатов работы в открытой печати» мало кто обращает внимание на требование защиты результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Более того, во многих образцах или шаблонах такого документа этих требований вообще не содержится. Естественно, авторы радуются публикациям, грамотам, дипломам, видеороликам, совершенно не думая о будущем. Ссылаясь во второй раз на собрание пословиц Владимира Ивановича Даля, во время подведения итогов научных мероприятий всегда видно: «Счастье человеку застит глаза» [1]. Но для тех кто серьезно и долго продолжает работать в определенном научно-техническом направлении очень скоро наступает пробуждение от эйфорического сна громких побед. Актуальность работы над выбранной научной тематикой эмоционально обосновывается все теми же, отмеченными ранее, старинными русскими пословицами. Но если отойти от эмоций, то давно настало время разработки законодательной базы, которая не только отражает современное состояние проблемы на основе исторического анализа, а, напротив, опережает, прогнозирует события. Например, очень часто в прессе ссылаются на Федеральные образовательные стандарты, которые постоянно обновляются [2]. Оставив в стороне глобальные государственные проблемы, был выбран конкретный объект исследования – школьный научно-технический кружок «Юный физик – умелые руки» при МБОУ «Гимназия № 5» города Королёва Московской области. Предметом изучения является патентная работа в школьном кружке, точнее, начало патентной деятельности школьников.

Причиной для начала такой работы стал ответ экспертизы Роспатента на заявку на патент. Ученику кружка была противопоставлена его же собственная установка, действие которой было опубликовано им же в общедоступных источниках информации раньше, более чем за полгода до даты приоритета. Руководитель школьного кружка быстро разобрался с ситуацией, потому что имеет патентное образование и квалификацию патентоведа. Решение было

найденно. Одновременно было предложено освоить основы патентного законодательства [3]. Эта работа потребовала более двух лет. Оказалось, что школьникам и студентам вполне по силам не только создавать новые установки, но одновременно патентовать их.

Недостаток первой заявки на изобретение, связанный с новизной и противопоставлением автору собственного результата, был исправлен, патент на изобретение был получен [4]. Однако, дело не только в патенте. Оказалось, что намного проще не допустить подобной ситуации, чем потом исправлять ошибку. Более того, публикация патента или материалов заявки имеет очень высокий научный рейтинг на различных конкурсах.

Проведение занятий по основам патентования привело к ожидаемому результату. В школьном кружке за 3 года получено 4 патента, в делопроизводстве находится 5 заявок [5–9], 4 заявки готовятся к подаче в Роспатент. Никто не требует от школьника составить формулу изобретения или полезной модели – это обязанность специалиста. Конечно, при этом желательно, чтобы в образовательной структуре работал патентовед или сотрудник с опытом общения с Роспатентом. От школьника требуется только увлечение выбранным направлением и новые предложения, из которых вполне можно выбрать патентоспособные технические решения.

Литература

- [1] Даль В.И. Пословицы русского народа. – ЮРАЙТ, 2019. – 412 с. – <https://vdahl.ru/>.
- [2] ФГОС 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (уровень специалитета). – Приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 № 964.
- [3] Мир интеллектуальной собственности. Научно-популярный альманах. – № 1. – 2021. – Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). – ФГБОУ ВО РГАИС. – Ред. коллегия Ивлиев Г.П., Аракелова А.О., Китаева Е.О. и др. – 44 с., ил. – https://rgiis.ru/images/cms/data/almanakh/al_manah_vypusk_1_7_compressed_1.pdf.
- [4] Екимовская А.А. Патент на изобретение RU 2800901, рег. 31.07.2023. Заявка № 2022124898/28(054104). Дата подачи заявки (приоритет) 22.09.2022. Учебная установка для демонстрации силы натяжения вращающейся цепочки. – Публ. 31.07.2023, Бюлл. № 22.
- [5] Екимовская А.А. Способ межорбитального маневрирования космического аппарата. Заявка на патент на изобретение № 2021126157 от 06.09.2021. Дата публикации заявки: 06.03.2023, Бюллетень № 7.
- [6] Екимовская А.А. Магнитная демонстрационная модель для оптимизации формы емкости. – Заявка на патент RU 2023124102 от 19.09.2023.
- [7] Екимовская А.А. Открытая емкость максимального объема с плоским дном и сферической стенкой. – Заявка на патент RU 2023124105 от 19.09.2023.
- [8] Глушкова В.С. Учебный бифиляр. – Заявка RU 2023121854 от 22.08.2023.
- [9] Глушкова В.С. Учебный бифиляр. – Заявка RU 2023122261 от 22.08.2023.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПУСА ОРБИТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ СФЕРИЧЕСКИХ СЕГМЕНТОВ

Екимовская А.А.

(Благотворительный фонд «Образование+» при МБОУ «Гимназия № 5», г. Королёв;
МАИ, г. Москва)

Цель работы заключается в определении рациональной формы корпуса космического аппарата, который обладает максимальным объемом при минимальной поверхности. С позиции вариационного исчисления этому условию удовлетворяет сфера. Но сферическая оболочка имеет большие габариты по ширине и высоте. Задача перешла в область сложных технических систем, потребовала учесть множество ограничений [1]. В работе показано, что существуют рациональные формы оболочек в виде комбинаций сферических сегментов. Тема работы появилась в процессе изучения разнообразных форм космических аппаратов. Известные конструкции были сопоставлены с наземными емкостями для хранения сжатых или сжиженных газов [2]. Это обосновано тем, что в космосе необходимо хранить топливо для работы реактивных двигателей, причем условия для хранения экстремальные, почти от криогенных температур до температур кипения компонентов. Но даже если в космическом аппарате нет топлива, то все равно его конструкция во многом напоминает бак или баллон для хранения сжатого газа. Это объясняется тем, что желательно иметь емкость с максимальным объемом и минимальной площадью поверхности. Максимальный объем корпуса позволяет разместить как можно больше аппаратуры. Минимальная площадь поверхности обеспечивает, во-первых, самую легкую конструкцию, во-вторых, минимальный теплообмен с окружающей средой. В работе методами дифференциального исчисления выполнен анализ и синтез рациональных схем корпусов емкостей, составленных из двух и трех сферических сегментов. Сферический сегмент – это часть сферической оболочки, оставшаяся после отделения другой части. В работе все срезы сферической оболочки предполагаются плоскими. Требуется определить величину оптимального среза сферы. Задача определения рациональной формы такой простейшей единичной или составной конструкции решалась аналитическими методами. Более сложные составные конструкции исследованы методами компьютерного моделирования. В качестве целевой функции выбрано отношение объема конструкции к площади ее поверхности. Решающим правилом для выбора критерия оптимизации является максимум целевой функции или ее наибольшее значение. Аналитическими и численными методами доказано, что применяемые традиционные формы конструкций не всегда рациональны. Показаны скрытые возможности для создания новых образцов техники, в том

числе малых космических аппаратов. Аналитическое исследование конструкции корпуса из одного, двух и трех сферических сегментов показало трудоемкость решения задач и необходимость применять компьютерные программы. Появилась необходимость создания универсального программного обеспечения для исследования составных конструкций. Для создания универсальной программы изучения составных конструкций необходим формальный алгоритм описания объекта исследования. Основные допущения остаются прежними – все отсеки в составной конструкции имеют вид сферических сегментов или полных сфер одинакового радиуса, все срезы сфер одинаковые. Такие допущения значительно упрощают состыковку отсеков в составной конструкции и согласуются с требованиями унификации элементов. На рис. 1 показаны варианты конструкций с максимальным объемом и минимальной площадью поверхности, для которых были определены оптимальные срезы сфер.



Рис. 1. Примеры компоновки корпуса КА из сферических сегментов

Алгоритм и расчетная программа для составных конструкций с большим количеством отсеков, созданы в среде Scilab 6.1.1. По результатам работы поданы две заявки на патенты на полезные модели [3, 4].

Литература

- [1] Бусленко Н.П. Лекции по теории сложных систем. – М.: Советское радио, 1973. – Электронный ресурс (дата обращения 31.05.2023): <https://lib-bkm.ru/13940>.
- [2] Баранов М.В. Сосуды давления для космических аппаратов / Космонавтика, 09.11.2012. – Электронный ресурс: <http://journal-niss.ru/journal/archive/04/paper3.pdf>.
- [3] Екимовская А.А. Магнитная демонстрационная модель для оптимизации формы емкости. – Заявка на патент RU 2023124102 от 19.09.2023.
- [4] Екимовская А.А. Открытая емкость максимального объема с плоским дном и сферической стенкой. – Заявка на патент RU 2023124105 от 19.09.2023.

ОТ УСТОЙЧИВОЙ АРКИ К УСТОЙЧИВОМУ КУПОЛУ КАК ПЕРСПЕКТИВНОМУ СТАРТОВОМУ СТОЛУ ДЛЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Мерзликін Т.А.
(МБОУ СОШ № 12, г. Королёв;
Благотворительный фонд «Образование+»)

В работе продолжается исследование устойчивых строительных сборок. В устойчивой строительной сборке детали укладываются одна на другую и лежат под действием только вертикальных сил тяжести и вертикальных реакций опор. Такая сборка применена, например, в Египетских пирамидах. Есть смысл применить ее в напряженных стартовых сооружениях для ракет-носителей.

Устойчивые сборки применял Гаспар Монж [1] в 18–19-х веках при строительстве каменных арок. Однако арки обязательно требуют боковых укреплений, обычно в виде контрарок. Нельзя ли создать арку без боковых напряжений, то есть без контрарок? Ответу на этот вопрос была посвящена прошлая работа. Доказано, что такую арку изготовить можно из прямоугольных блоков. Авторская модель арки была изготовлена [2]. Цель исследования в продолжающейся научной работе заключается в исключении боковых, касательных, сдвигающих напряжений, причем не только в двумерной конструкции арки, но и в более сложных трехмерных конструкциях куполов. Идея проектирования нового купольного перекрытия похожа на метод решения задачи для плоской безмоментной арки. Но форма деталей пространственной конструкции в принципе отличается от прямоугольных кирпичей или блоков. Предлагается блоки сделать в виде круговых секторов, а потом опорные секторы, кроме верхнего, сделать усеченными. Усеченный круговой сектор получается после удаления от вершины меньшей подобной части. Круговые секторы можно уложить вплотную друг к другу, получится купол. Если угол круговых секторов маленький, то их можно рассматривать как равнобедренные треугольники. Центр тяжести равнобедренного треугольника находится на одной трети высоты от его основания. Это главный принцип расчета. Но оказалось, что проще определить допустимые выступы экспериментальным методом, то есть выдвигать круговой сектор на краю стола, пока не будет опрокидывания. Отметка на детали показывает допустимый выступ безмоментной конструкции. После получения экспериментальных исходных данных было выполнено компьютерное моделирование нового устойчивого купола и создана пенопластовая натурная модель. Теоретические, компьютерные и натурные данные совпали.

Построение модели купола по найденным экспериментальным размерам удобно показать в программе Google SketchUp 8. Вид окончательной 3D-модели нового купола показан на рис. 1 вместе с алгоритмом его построения в компьютерной программе.



Рис. 1. Иллюстрация трехмерного проектирования купольного сооружения

Все кольца строятся по одинаковому алгоритму. Этот алгоритм подробно расписан для первого снизу, то есть восьмого сверху, блока. Это основание модели купола. Для построения модели купола удобно оставить только две линии – «лесенки». Все лишние отрезки надо удалить. Если к такой фигуре применить инструмент «Ведение» по выделенному нижнему кругу, то получатся две поверхности вращения. Эти поверхности представляют собой внешнюю и внутреннюю опалубки. Например, между ними можно заложить стальную арматуру и залить раствор бетона. Арматура нужна только для усиления конструкции, потому что блоки в таком куполе лежат один на другом без напряжений сдвига, только под действием силы тяжести, как в Египетских пирамидах. На рис. 1 показан пример 3D-модели опалубки для укладки стальной или углеволоконной арматуры и заливки раствора бетона. Сверхпрочная арматура не требуется, но все равно блоки должны быть скреплены, например, от сейсмического воздействия. Предложенная конструкция купола хорошо соответствует сооружениям для стартовых комплексов ракет-носителей.

Литература

- [1] Боголюбов А.Н. Гаспар Монж, 1746-1818 / Под ред. акад. И.И. Артоболевского. – М.: Наука, 1978. – 184 с.
- [2] Тимофей Мерзликин. Устойчивые строительные сборки. 09.02.2022. Электронный ресурс (видеоролик 6:12): <https://youtu.be/hPPX5vYfAqM>.
- [3] Мерзликин Т.А. Устойчивые укладки строительных материалов // V Всероссийская с международным участием школа-конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Материалы и технологии XXI века». 30 ноября–2 декабря 2022 г. – Отв. ред. А.В. Герасимов. [Электронный ресурс] – Казань: КФУ, 2022. – С. 287. – https://kpfu.ru/portal/docs/F2043986325/Book.of.abstracts.MT21_2022._1_.pdf.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КУЛАЧКОВЫХ ОПОР ДЛЯ ПЛАНЕТОХОДА

Васильева А.А.

(МБОУ «Гимназия № 5», г. Королёв;
Благотворительный фонд «Образование+»)

При проектировании «Лунохода» было очень много споров о принципе движения. Предлагались и колеса, гусеницы и шагающие устройства [1]. Каждый механизм имеет преимущества по сравнению с другим, но одновременно обладает недостатками. Учитывая это, появилась идея создания более универсального движителя, сочетающего в своей конструкции преимущества колеса, гусеницы и шагающей опоры. Первые авторские опыты по созданию такой машины позволили предложить принципиально новый вид движения – шаг с одновременным качением [2]. Была создана специальная кулачковая опора для установки на шагающий механизм. Дальнейшие исследования показали, что есть смысл установить множество кулачковых опор. Конструкция стала напоминать живую гусеницу – это принцип бионики. Новая машина испытана, но исследования и доработки продолжают постоянно. Объектом исследования является кулачковая шагающая машина с механизмом с одной степенью свободы. Оказалось, что моделировать даже простейшее движение очень сложно, не говоря об изгибах живой гусеницы и даже обычного изменяемого шага. Живая гусеница способна оптимально изогнуться, чтобы переползти через травинку, но даже современные суперкомпьютеры не могут заранее определить изгиб насекомого. Цель работы – увеличить устойчивость и проходимость уже созданной авторской кулачковой шагающей машины, на которой четыре опоры, но опорными постоянно являются две [3]. При изготовлении первого аналога сразу было предусмотрено установить 8 кулачковых опор. Но получалось такое нагромождение рычагов, что для опор не было места, машина становилась очень широкой. В процессе работы появилась новая идея – делать конструкцию не шире, а длиннее – вот откуда появилось предложение посмотреть на живую гусеницу. Для достижения цели работы были сформулированы три задачи исследования: обеспечить не менее чем трехточечную опору, устранить раскачивание машины, распределить нагрузку вдоль длины корпуса кулачковой шагающей машины. Новая схема была разработана на основе чертежа из старинного журнала «Моделист-конструктор», номер которого установить не удалось. На рис. 1 показано совмещение известных механизмов, из журнала и авторского, с новым техническим решением – параллелограммом и отверстиями для крепления множества кулачковых опор в механизме-гусенице, на который подготовлена заявка на патент на изобретение.



Рис. 1. Размещение цепочки кулачковых опор на параллелограмме

Сначала была изготовлена работающая первая, проверочная модель отдельного механизма-гусеницы с тремя кулачковыми опорами. Затем была собрана и испытана шагающая машина-гусеница. Первые испытания не столько порадовали, сколько озадачили. Опять надо вернуться к теории. Дело в том, что первый аналог, кулачковый шагohод, не то что ходил, а бегал [4]. Новая машина движется медленно. Почему? Пока можно только гипотезу выдвинуть. Траектория шага симметрична. Но в кулачковой опоре на шаг накладывается качение части колеса. Симметрия траектории не влечет симметрии движения по ней точки. Это вопрос для перспективы. В машине-гусенице есть проскальзывание опор, которое надо устранить.



Рис. 2. Механизм и действующая модель новой машины

Литература

- [1] Павловский В.Е. О разработках шагающих машин // Препринты ИПИМ им. М.В. Келдыша. – 2013. – № 101. – 32 с. – URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-101>.
- [2] Артоболевский И.И., Левитский Н.И. Механизмы П.Л. Чебышева / Научн. насл. П.Л. Чебышева. – Вып. 2. Теория механизмов. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – С. 52–54.
- [3] Васильева А.А. Кулачковая опора для шагающего механизма П.Л. Чебышева. Науч. руководитель Дроботов В.Б. / Гении Подмоскoвья: Сб. статей по материалам фестиваля науки 28 ноября 2020 г. – М.: Издательство «Научный консультант», 2020. – 334 с. – ISBN 978-5-907330-61-0.
- [4] Васильева А.А. Платформа для шагающих машин. 11 ноября 2022 г. – Электронный ресурс (видеоролик 3:22): https://youtu.be/O-cbh_R9RhY.

РЁЛОХОД – НОВЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ НА НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ГРУНТАХ ПЛАНЕТ

Кирнева К.Д.
(МБОУ СОШ № 12, г. Королёв;
Благотворительный фонд «Образование+»)

Видеоролик о работе: <https://youtu.be/zy05I59UxXs>

Тема работы появилась в результате исследования особенностей практического применения треугольника Рёло. На практике этой геометрической фигуре находят, в основном, два применения: сверление квадратных отверстий с помощью сверла Уаттса и в роторном двигателе. Первая авторская работа сначала была связана с изготовлением и экспериментальным исследованием опорных катков Рёло – это третье практическое применение геометрической фигуры [1]. Но в процессе изучения космической техники появилась идея применить треугольник Рёло в шагающем движителе, в том числе для планетоходов. Исследование планет связано с неопределенностью их поверхности. Речь идет о планетах и их спутниках Земной группы, обладающих твердой поверхностью. Обычные шагающие механизмы вряд ли могут быть применены, потому что традиционная, природная шагающая траектория обладает очень малой высотой подъема опоры, не более 20–25 % от длины шага при нормальном движении. Повысить проходимость можно увеличением подъема опоры. В традиционной шагающей машине для этого потребуется увеличить длину шага, но тогда значительно возрастут габариты конструкции. Именно таким образом появилась задача поиска нового технического решения для повышения проходимости планетохода. Оказалось, что есть механизм, в котором высота подъема опоры равна длине шага. Это рейферный механизм [2]. Сразу надо отметить, что рейферных механизмов существует очень много, поэтому в качестве прототипа, то есть ближайшего аналога, был выбран тот, что применялся в старых кинопроекторах «Луч». Это простейший рейферный механизм, в котором рабочий шатун опоры движется по периметру квадрата. Высота подъема опоры равна длине шага. На рис.1 показана действующая модель, первый опытный рейферный механизм и отработанный для модели рабочий механизм. Гипотеза о повышенной проходимости машины полностью подтвердилась. Но скорость движения оказалась почти в три раза меньше, чем для аналогичной шагающей машины П.Л. Чебышева [3]. Учитывая, что шагоход – это не гоночная машина, а внедорожник, такой недостаток не особо существенный для дальнейшего изучения конструкции в качестве перспективного движителя на неопределенных поверхностях. В процессе создания первой модели сразу начались доработки. Например, пришлось заменить материал для кулачка в виде треугольника Рёло. Сначала была выбрана пластиковая панель для оконного

проема, но пенопласт внутри очень слабый и с большим трением. Зато хорошо работает фанера, но выпиливать детали намного сложнее. Вместо ручного лобзика нужен электролобзик.



Рис. 1. Действующая машина, механизм и принцип работы

Сразу создавать новую машину трудно, удобнее отработать один механизм. Например, оказалось, что длина 180 мм рычагов в двойном параллелограмме первой модели механизма избыточна, вполне достаточно 140 мм. Кулачки Рёло опять пришлось переделать, заменив толщину фанеры 6 мм на 8 мм. Автономные испытания были успешно завершены, как только первый механизм заработал. Анализ траектории опоры сразу показывает, что рёлоход – медленная машина, только четверть траектории рабочая, а три четверти выполняется перенос опоры. Но при этом явное преимущество заключено в высоком шаге. Высота шага равна длине шага – такого нет ни в одной шагающей машине. При этом сохранились вертикальные подъем и опускание опоры. Натурные испытания доказали правильность предложенного технического решения. Мотоблок из двух сборок по 4 механизма способен поворачивать, изменять направление движения. Высота шага равна длине шага. Цель работы достигнута. Теоретически и практически доказана возможность применения квадратной шагающей траектории для создания внедорожного транспортного средства «Рёлоход», что особенно важно на неопределенных поверхностях.

Литература

- [1] Кристина Кирнева. Катки Рёло. – 16.11.2022. –Электронный ресурс (видеоролик 3:25, дата обращения 28.07.2023): <https://youtu.be/tHmfL58c1LU>.
- [2] Математические этюды. Грейферный механизм. Электронный ресурс (дата обращения 28.07.2023): <https://etudes.ru/etudes/reuleaux-triangle/>.
- [3] О преобразовании вращательного движения в движение по некоторым линиям при помощи сочленённых систем / Полное собрание сочинений П.Л. Чебышева. – Том IV. – Теория механизмов. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – С. 161–166.

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ ИЗМЕНЯЕМОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

Голубев А.М.
(МБОУ СОШ № 12, г. Королёв;
Благотворительный фонд «Образование+»)

Видеоролик: <https://youtu.be/UgT9GK-tT70?si=1ugIH5G8VLqitvFW>

Исследование началось с обсуждения простейшего опыта. Деревянная рейка была привязана к веревке. Потом веревка была раскручена. Цель эксперимента заключалась в выяснении вопроса о положении рейки во время вращения. Оказалось, что неподвижная рейка висит вертикально, но при раскрутке занимает горизонтальное положение. При первых опытах появился вопрос о причине изменения положения вращающегося предмета. Цель заключалась в определении положения центра масс на вращающемся предмете. Появилось предложение применить аналог метода хроматографии. На рейке заранее были нарисованы разноцветные линии: синяя, красная, зеленая, черная. На фотографии на рис. 1 видно, рядом с какой линией находится центр масс.

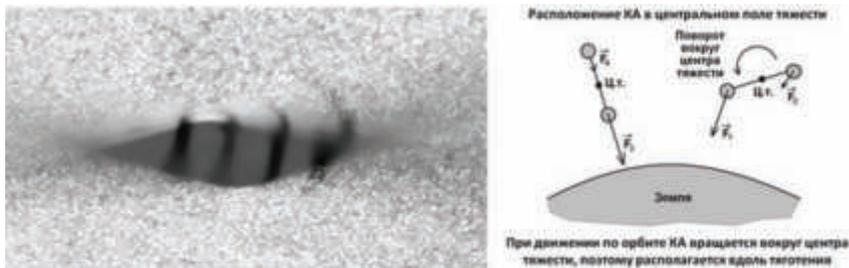


Рис. 1. Вращение КА при гравитационной стабилизации

Первые полученные результаты были применены для изучения движения космических аппаратов по орбитам вокруг Земли. Такое движение изучают в Военно-космической Академии им. А.Ф. Можайского [1]. Системы стабилизации и ориентации нужны практически во всех космических аппаратах [2]. Искусственные спутники существуют на орбитах из-за шарообразной формы Земли. Появилась задача о положении космического аппарата в центральном поле Земли. Такое положение связано с вращением конструкции вокруг центра масс, как линейки на веревке. Значит, конструкция будет двигаться подобно вращающейся рейке, но только медленно. Космический аппарат будет стремиться повернуться к устойчивому положению, но тоже очень медленно из-за малого различия в силах тяжести его частей. Если космический аппарат имеет вытянутую форму, то он повернётся вдоль силы притяжения.

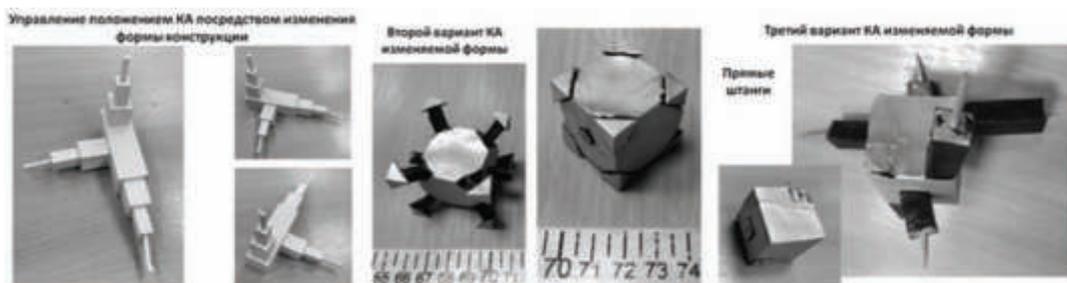


Рис. 2. Модели КА изменяемой формы

Для гравитационной стабилизации нужна вытянутая форма КА. Модели вытянутых конструкций изготовлены из бумаги, показаны на рис. 2.

В моделях учтены особенности для перспективного исследования. Главная особенность, выносимая на защиту, – это управление положением КА на орбите посредством изменения формы конструкции. В моделях предусмотрены выдвигаемые блоки по трем координатным осям. Если нужно развернуть КА на орбите определенной осью по местной вертикали, то выдвигается блок вдоль этой оси. Модели космических аппаратов изменяемой формы изготовлены из бумаги в виде удлиненного параллелепипеда и куба [3]. Так как вращение конструкции возможно вокруг трех координатных осей, то предусмотрены три системы выдвигаемых блоков. Изготовленные бумажные модели были испытаны на вращение таким же способом, как и рейка. Эксперименты подтвердили правильность гипотезы о гравитационной стабилизации космического аппарата. Во время опытов выдвигались различные блоки конструкции, при этом изменялось положение КА при вращении, которое моделирует гравитационную стабилизацию и ориентацию.

Литература

[1] Сударь Ю.М., Щербаков В.И., Юлина А.О. Пассивная гравитационная стабилизация космического аппарата на геостационарной орбите // Труды Военно-космической Академии им. А.Ф. Можайского. – № 672. – 2020. – С. 326–335. – ISSN 2218-5429. – Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43851214>.

[2] Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1984. – 184 с.

[3] Голубев А.М. Космический аппарат изменяемой формы для гравитационной стабилизации / Материалы VI Всероссийской конференции «Умный мир руками детей 2023». – Электронное издание: <https://2023.um-mir.ru/>. – Научно-методическое издание. – Троицк-Москва, 28–29 июня 2023 г. – Ред. группа Алексеев М.Ю., Калабухова Д.А., Ханина О.В. – Троицк-Москва: Фонд новых технологий в образовании «БАЙТИК», 2023. – С. 29–33. – ISBN 978-5-89513-530-3 – Электронный ресурс: https://2023-lk.um-mir.ru/uploads/files/sbornik_2023.pdf?56050074.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ PR-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРЕСТИЖА ПРОФЕССИИ КОСМОНАВТ СРЕДИ МОЛОДЕЖИ

Демиденко С.Е., Кушваха Х.Н.
(МАИ, г. Москва)

Престиж профессии в общественном сознании формируется на основании сложившейся в обществе системы ценностей и субъективных оценок индивидами и социальными группами их значимости, важности, сложности, авторитета влияния, размера оплаты труда [1].

Актуальность исследования. Профессия космонавта остается на сегодня одной из самых увлекательных и значимых в мире. При этом наблюдается определенное снижение престижа данной профессии среди молодежи, что связано с недостаточной осведомленностью и негативными сообщениями, транслируемые в СМИ, об отрасли. Отсюда по данным ВЦИОМ «доля тех, кто определял позиции России в космосе как лидирующие, снизилась с 72 % в 2018 году до 59 % в 2020» [2], в связи с чем представляется своевременным и актуальным выяснить, как оценивают данную профессию студенты, которые связывают свою дальнейшую жизнь и профессиональную деятельность с космической сферой.

Цель исследования – изучение мнения и выявлении причин снижения интереса молодежи к космической тематике и к профессии космонавт, а также разработке рекомендаций по PR-продвижению данной профессии.

Обзор. Исследованием профессионального имиджа космонавтов занимались М.А. Гарпинченко, Р.А. Федорова, Г.И. Петров [3, 4], психология авиакосмического PR-а рассмотрена в трудах В.Г. Зазыкина, С.Е. Захаровой [5], СМИ как инструмент PR-продвижения в аэрокосмической отрасли представлены в работах Х.Н. Кушвахи, А.В. Тараненко [6] и др.

Новизна исследования заключается в выявлении причин недостаточной осведомленности о профессии космонавт и особенностей продвижения престижа данной профессии в подростковой и молодежной аудитории современными PR-технологиями.

Исследование проведено в сентябре 2023 года. Для выявления PR-инструментов, используемых для популяризации профессии космонавта, был проведен социологический опрос среди студентов технических специальностей. Всего в опросе приняло участие 100 студентов в возрасте до 25 лет. По результатам исследования выявлено, что большинство студентов (72,1 %) считают, что профессия «космонавт» является престижной; 42,6 % опрошенных хотели бы стать космонавтами; (86,9 %) респондентов считают, что сложно попасть в отряд космонавтов, нужно пройти очень жесткий отбор; (55,7 %) респондентов

считают, что профессия «космонавт» не нуждается в популяризации, в то же время (44,3 %) считает, что необходимо продвигать положительный имидж космонавтов. При этом 50 % опрошенных оценили имидж космонавтов как «очень хороший», 34 % оценили как «хорошо», 16 % оценили как «нейтральный». Для повышения престижа профессии «космонавт» среди молодежи, респонденты считают, что необходимо рассказывать о данной профессии в рамках профориентационной работы со школьниками, проводить экскурсии, организовывать встречи и мастер-классы с космонавтами для более детального знакомства с тонкостями профессии и ее доступности для погружения в специализацию.

Выводы. Таким образом, профессия космонавт вызывает интерес именно среди тех, кто решил посвятить этому свое будущее. Профессия «космонавт» не нуждается в более масштабной популяризации, но также есть мнение, что данной профессии необходимо PR-продвижение для повышения престижа.

Рекомендации. Использование рекламы и PR-средств по продвижению профессии «космонавт» в медиaprостранстве, социальных сетях; новых мультимедийных форматов; создание агитационных роликов, в которых объясняется престижность и важность данной профессии; создание репутационного контента, разъясняющего сложности профессии, придающий ей романтизм и уникальность, создадут интерес целевой аудитории и непременно повысят престиж профессии космонавта.

Литература

[1] Примаков В.Л., Осипова В.А. Престиж профессий социально-коммуникационного профиля в представлении студентов московских вузов. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prestizh-professiy-sotsialno-kommunikatsionnogo-profilya-v-predstavlenii-studentov-moskovskih-vuzov>. (Дата обращения 18.09.2023).

[2] «Космос, как профессия, востребован, но не популярен». Электронный ресурс. Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reports/analiticheskii-doklad/kosmos-kak-professiya-vostrebovan-no-ne-populyaren>. (Дата обращения 18.09.2023).

[3] Гарпинченко М.А., Федорова Р.А. PR-методы исследования формирования имиджа лётчика-космонавта, героя Российской Федерации Елены Олеговны Серовой // Гагаринские чтения – 2016: XLII Международная молодёжная научная конференция: Сб. тезисов докладов: В 4 т. – М.: МАИ, 2016. – С. 209;

[4] Петров Г.И. Особенности продвижения имиджа российских космонавтов в студенческой среде Московского авиационного института // Гагаринские чтения – 2016: XLII Международная молодёжная научная конференция: Сб. тезисов докладов: В 4 т. – М.: МАИ, 2016. – С. 229–230.

[5] Захарова С.Е., Зыскин В.Г. Психология авиакосмического PR-а – новое направление психологии «паблик рилейшнз» // Интернет-журнал «Мир науки». – 2018. – № 1. <https://mir-nauki.com/PDF/11PSMN118.pdf> (доступ свободный).

[6] Кушвахя Х.Н., Тараненко А.В. Средства массовой коммуникации как инструмент PR-продвижения авиационного бренда // Коммуникология. – 2016. – Т. 4. – № 2.

О СОЗДАНИИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В РАМКАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ГРАЖДАНСКОМУ И ПАТРИОТИЧЕСКОМУ ВОСПИТАНИЮ МОЛОДЕЖИ

Демиденко С.Е.

(МОО «РАКЦ»)

Лужбин В.С.

(ФБУ «ЦОК ВКС» МО РФ)

Актуальность. С учетом современных задач развития Российской Федерации целью государственной политики в сфере молодежной политики и патриотического воспитания является создание условий для повышения гражданской ответственности за судьбу страны, повышения уровня консолидации общества для решения задач обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития страны.

Большой популярностью у детей и подростков пользуется стремление обучаться в довузовских и высших образовательных учреждениях аэрокосмического профиля, а также желание посвятить себя служению Отечеству в Воздушно-космических силах (далее ВКС). Молодежь страны активно занимается по программам авиационно-космического направления в профильных детских образовательных учреждениях, центрах, клубах и кружках, увлекается военно-прикладными видами спорта.

Довузовское обучение молодежи основам авиационной и космической деятельности играет важную роль в повышении эффективности подготовки высококлассных специалистов как для ВКС, так и в целом для аэрокосмической отрасли. Оно подразумевает отбор в среде подрастающего поколения мотивированных на сохранение исторического наследия и авиационно-космических традиций юнармейцев, готовых обучаться, достигать высокого уровня профессионализма и посвятить себя служению Отечеству в области авиации и космонавтики. Все это позитивно влияет на представление, пропаганду и поддержку государственной политики в области авиационно-космической деятельности и службы в обществе, способствует реализации задач Военной доктрины Российской Федерации.

17 февраля 2020 года подписано Соглашение между Главным командованием Воздушно-космическими силами (ВКС) и Всероссийским детско-юношеским военно-патриотическим общественным движением «ЮНАРМИЯ» (ВВПОД «ЮНАРМИЯ») о создании профильного авиационно-космического направления развития детей и подростков в составе ВВПОД «ЮНАРМИЯ» – «Юнармейцы ВКС» Центра военно-патриотического воспитания Воздушно-космических сил.

Целью создания авиационно-космического кластера «Юнармейцы ВКС» является объединение юнармейских отрядов, основанное на общности интересов в сохранении и пропаганде авиационно-космического исторического наследия, неразрывности взаимодействия ветеранов и действующих военнослужащих с подрастающим поколением, профессиональной ориентации подрастающего поколения на обучение в учебных заведениях и службу в частях ВКС, развитии музейного дела, в области аэрокосмического образования, пропаганда авиационных и других военно-прикладных видов спорта в России [1].

Задачи:

- патриотическое воспитания юнармейцев профильного авиационно-космического направления;
- сохранение исторической памяти и приумножение авиационно-космического наследия страны;
- профессиональная ориентация юнармейцев по направлениям подготовки кадров аэрокосмического профиля;
- создание авиационно-космического кластера для подготовки квалифицированных кадров для ВКС, оборонно-промышленного и авиационно-космического комплекса России.

Основные направления деятельности:

- организация регулярных встреч со знаменитыми людьми ВКС: ветеранами и военнослужащими;
- организация тематических викторин и олимпиад;
- участие в волонтерском движении по пропаганде здорового образа жизни среди молодежи и в воинских коллективах;
- организация выездных мероприятий в гарнизонах, на аэродромах и космодромах;
- организация образовательных программ по военно-прикладным программам;
- участие в мероприятиях, проводимых МО РФ, во всероссийских и региональных акциях в военно-прикладных и спортивных соревнованиях;
- организация и проведение творческих конкурсов и фестивалей;
- организация выездных мероприятий в воинские части, дома ветеранов, реабилитационные центры с концертами и творческими встречами.

Литература

[1] Творческое клубное формирование «Взлет» ЦОК ВКС // Официальный сайт Центрального офицерского клуба Воздушно-космических сил // <https://clubvks.ru/clubs/>.

**ПРОЕКТ «СТАРТ В КОСМОС» КАК УСЛОВИЕ
ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ
В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Демиденко С.Е.
(МОО «РАКЦ»)

Захарова Д.И., Захарова М.П.
(МБОУ «Амгинский лицей им. академика Л.В. Киренского»
МР Амгинский улус (район) Республики Саха (Якутия))

Развитие аэрокосмической отрасли в современной России является одной из приоритетных задач государства. Аэрокосмическая отрасль предстает как вершина технического прогресса, она охватывает фундаментальные и прикладные естественные науки, различные виды техники (авиация, космонавтика, радиотехника, робототехника и т. д.) [1].

По результатам анкетирования обучающихся 5–11-х классов школ Республики Саха (Якутия), проведенного в апреле 2023 года, многие якутские школьники проявляют интерес к профессиям аэрокосмической отрасли. Всего в опросе приняли участие 307 школьников из 7 улусов и г. Якутска. По итогам опроса на вопрос «Кем бы Вы хотели стать?»: 29 обучающихся ответили «стать пилотом», 24 школьника мечтают стать первым якутским космонавтом, 47,9 % (147 учеников) интересуются профессиями аэрокосмической отрасли, такими как: инженер-конструктор – 12,7 %, специалист по БПЛА – 9,8 %, инженер-программист – 19,5 %, инженер-робототехник – 10,4 %, авиационный механик – 7,5 %, бортинженер – 5,2 %, космический баллистик – 4,9 %, проектировщик дирижаблей – 4,6%, космический биолог – 10,7 %, космический медик – 10,7 %, космический психолог – 10,7 % и др.

Исходя из этого, возникает необходимость в программах, нацеленных на профориентацию и раннюю подготовку по специальности аэрокосмической отрасли. Развитие дополнительного аэрокосмического образования возможно не только в условиях образовательных организаций дополнительного образования детей, но и во внеурочной деятельности в школе в условиях освоения ФГОС НОО, ООО [1]. При этом, следует отметить, что допрофессиональный этап обучения является неотъемлемой составной частью системы непрерывного аэрокосмического образования [2].

Учитывая вышесказанное, МБОУ «Амгинский лицей имени академика Л.В. Киренского» в 2018 г. разработана образовательная программа «Старт в космос», которая за эти годы охватила 1481 обучающихся из 12 улусов (районов) и городов Якутск, Нерюнгри, Мирный Республики Саха (Якутия).

Цель программы: профессиональная ориентация обучающихся общеобразовательных школ Республики Саха (Якутия) на аэрокосмические специальности;

популяризация авиации и космонавтики среди молодежи; воспитание гражданственности и патриотизма, любви к родному краю и России, желания служить и защищать свое Отечество.

В рамках данной программы разработана модель школьного аэрокосмического образования в школах Республики, которая включает в себя следующие направления:

- образовательное и профориентационное: обучение в Малой авиационной академии при Якутском авиационном техническом училище ГА им. В.И. Гришукова (с 2023–24 уч. г.), республиканская олимпиада «Старт в космос», образовательные программы в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» в Звёздном городке Московской области, на космодроме «Восточный» в ЗАТО Циолковский Амурской области, профильная лагерная смена авиационно-космической направленности «Старт в космос» при Амгинском лицее, экскурсии на профильные предприятия и др.;

- военно-патриотическое и физическое воспитание: участие в спортивных соревнованиях, соревнованиях по ракетомоделизму, тренинги на выживание, парашютная подготовка, участие в деятельности ВВПОД «ЮНАРМИЯ», изучение истории авиации и космонавтики и др.

Некоторые показатели результативности программы «Старт в космос»

Мероприятия	Количество участников				
	2018–2019 учебный год	2019–2020 учебный год	2020–2021 учебный год	2021–2022 учебный год	2022–2023 учебный год
Республиканская олимпиада «Старт в космос»	279	212	294	292	409
Лагерная смена «Старт в космос»	30	26	30	30	30
Программа в «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»	–	14	–	–	11
Поездка на космодром «Восточный»	–	–	16	–	10

Литература

[1] Иванова И.В. Дополнительное аэрокосмическое образование детей: возможности в становлении саморазвивающейся личности: раздел в монографии // Образование и педагогические науки в XXI веке: актуальные вопросы, достижения и инновации / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. – С. 78–87.

[2] Кольга В.В. Аэрокосмическая школа / Кольга В.В. // Высшее образование в России. – 2010. – № 1. – С. 62–66.

ИЗ ОПЫТА МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАПРЕДМЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Бадалова Е.Н.

**(ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет
имени В.Н. Татищева», г. Астрахань)**

Гущина К.Н.

**(ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань)**

Стремительное развитие космических технологий и интенсивное взаимодействие полярных сфер научно-прикладной деятельности человека требует коллаборационных решений, предполагающих сотрудничество разнопрофильных организаций технической и гуманитарной направленности. Ярким примером является онлайн-проект, уникальное явление мировой культуры – «Литературные гостиные «Слово и космос», преследующий цель – формирование атмосферы интеллектуального диалога и воспитание эстетического вкуса. Организаторами стали Государственный институт русского языка им. А.С. Пушкина, Госкорпорация «Роскосмос», являющиеся партнерами АГУ им. В.Н. Татищева. Кульминационным этапом литературного эфира была видео-конференц-связь (ВКС) с орбитальной станцией.

Следуя примеру вуза-партнера организовали конкурс студенческих эссе «Слово о космосе» для студентов бакалавриата и магистратуры всех курсов астраханских вузов. Мероприятие было приурочено ко Дню космонавтики и проведено при содействии Роскосмоса и Центра подготовки космонавтов.

Согласно классической методике, эссе – это такая форма записи собственных мыслей, в которой автор анализирует не только свой подход к данной проблеме, но и другие точки зрения. Такой способ письменного выражения мысли является достаточно эффективным методом обучения критическому мышлению и выработке таких навыков, как умение анализировать информацию, замечать многомерность реальности и смотреть на вещи с разных точек зрения; развивать аналитическое мышление, находить причинно-следственную аргументацию и правильно ее формулировать. Напомним, что отборе в отряд космонавтов, кандидаты пишут эссе для определения необходимого уровня знаний по русскому языку.

В процессе подготовки к написанию эссе традиционно применяется Метод «Фрирайтинг», что переводится как «свободное писание». Техника фрирайтинга входит в методологию написания эссе. Этот способ часто используют писатели: надо записывать все свои мысли на заданную тему, структуру, грамматику и пунктуацию можно опустить.

Цель ежегодного творческого мероприятия – конкурса студенческих эссе «Слово о космосе» – не только привлечь внимание студенческой молодежи к сфере российской космонавтики, попытаться осмыслить героические страницы нашей космической истории, но сделать это в творческом ключе, посредством слова. Участниками конкурса стали российские студенты и иностранные обучающиеся из стран СНГ, а также Южной и Северной Африки, в количестве более 100 человек.

Мероприятие проводилось в два дня. На церемонии награждения к победителям через ВКС обратился космонавт Олег Артемьев, участник 3-х космических экспедиций с выходом в открытый космос. В общей сложности он был в космосе более 560 суток, а в открытом космическом пространстве он проработал более 34 часов.

Участникам были предложены темы, основанные на афоризмах известных людей, имеющих отношение к космонавтике и космосу.

Навык письма относится к сенсомоторным, поэтому важен процесс повторения и закрепления, что подтверждает прикладной характер любого творческого мероприятия.

Литература

[1] Бадалова Е.Н., Гушина К.Н. Внедрение космического литературного проекта в практику преподавания русского языка // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2021. – С. 127–128.

[2] Гушина К.Н., Бадалова Е.Н. Создание эффективной модели обучения видам деятельности на уроках РКИ // Новое и традиционное в переводоведении и преподавании русского языка как иностранного. Сборник статей Международной научной конференции. Баня-Лука, 2021. – С. 41–45.

[3] О проекте «Литературная гостиная «Слово и космос» [Режим доступа] – <https://lit.pushkininstitute.ru/litgostinaya/cosmos/>.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОТРЕБНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ (НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКИ)

**Козленкова Е.Н., Волкова А.Н., Еприкян Д.О.
(ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва)**

Современное образование на фоне быстро меняющихся технологий, «вызовов» общественного развития должно учитывать и гибко реагировать на изменения образовательных потребностей обучающихся. Дополнительное

образование призвано оперативно реагировать на меняющиеся реалии. Программы дополнительного образования детей и взрослых направлены на личностное развитие и углубление познаний в различных областях науки, искусства, техники и технологий.

Образовательные потребности обучающихся определяются совокупностью внешних и внутренних факторов. К внешним факторам относят транслируемые обществом и близким социальным окружением ценности, ориентиры, а также современное состояние и вектор развития экономики. К внутренним факторам относят представления обучающихся о своих способностях и интересах, о будущем своей самореализации, стремление к саморазвитию, притязания и статусные ожидания [1].

Среди основных образовательных потребностей обучающихся в рамках дополнительного образования выделяют: формирование общих и профессиональных компетенций; личностное развитие; стремление к индивидуализации образовательного маршрута; необходимость адаптации к новым условиям, новой деятельности; получение квалификации; обучение у высококвалифицированных и/или узкопрофилированных специалистов. При реализации дополнительных профориентационных образовательных программ учет образовательных потребностей обучающихся будет способствовать более эффективному достижению целей содействия профессиональному самоопределению [2].

Анализ образовательных потребностей школьников, участвующих в профориентационных программах ЦТПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, показал, что приоритетным для них является возможность получить новое знание о современных технологиях, научиться их применять (получить опыт работы с оборудованием), попробовать себя в каком-то виде деятельности и определиться со своими профессиональными интересами. Значимым для принятия школьниками решения о прохождении образовательной программы является система оценки их достижений. Также важна возможность изменения своих намерений в выборе профессии [3].

Заинтересованность школьников в участии в краткосрочных профориентационных образовательных программах обуславливается интерактивным характером содержания программы, использованием современных цифровых технологий, возможностью в игровой и соревновательной форме получить какой-либо опыт. Тематика и отраслевая направленность образовательных программ для большинства школьников не имеет принципиального значения. Предпочитаемая школьником будущая профессия имеет решающее значение при выборе долгосрочной образовательной программы, участии в конкурсной или проектной деятельности. Учет такого рода ожиданий позволяет

предлагать программы, способствующие расширению представлений учащихся о многообразии сфер профессиональной деятельности.

Так, реализуемые в ЦТПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева программы отражают специфику задач, решаемых разными специалистами в условиях межотраслевого взаимодействия. При реализации программ «Сити-фермерство», «Космические технологии в сельском хозяйстве», «Использование БПЛА и ГИС в современном агропроизводстве», «Космический мониторинг в агропромышленном комплексе» рассматриваются, помимо всего прочего, основы космической биологии, вопросы использования результатов космического мониторинга полей и угодий и др. Выполняя задание по проектированию космической оранжереи, например, школьники расширяют свои познания относительно достижений в космическом растениеводстве и агропроизводстве. Анализируя в рамках изучения технологии точного земледелия состояние полей на основе информации, полученной с помощью ГИС, обучающиеся получают представление об организации современного земледелия.

В результате, у школьников происходят изменения в представлениях о работе специалистов космической отрасли и агропроизводства, о влиянии факторов космического полета на живой организм и растение, формируется мотивация к более глубокому изучению этих вопросов и к дальнейшему участию в таких программах.

Литература

[1] Чистякова С.Н., Родичев Н.Ф. Технологические и практические подходы к формированию профессионального самоопределения школьников в условиях непрерывного образования // Современные проблемы профессионального и высшего образования: состояние и оценка: – М.: Экон-Инфор, 2019. – С. 137–147.

[2] Суворова Е.Ю. Цифровое поколение: новые образовательные потребности / Е.Ю. Суворова // Информатика и образование. – 2021. – № 6(325). – С. 38–42.

[3] Попова Е.В. Особенности профессиональной ориентации школьников, направленной на формирование интереса к профессиям космической отрасли / Е.В. Попова, Е.Н. Козленкова // Вестник ФГБОУ «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2014. – № 1(61). – С. 141–145.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЕ С ДЕТЬМИ И МОЛОДЕЖЬЮ

Кубрушко П.Ф., Козленкова Е.Н.
(ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва)

Система профессиональной ориентации в России имеет длительную историю и обширный накопленный опыт содействия профессиональному самоопределению человека. Однако, актуальность повышения эффективности данной работы остается высокой. Это объясняется динамичным развитием общества, сменой поколений, имеющих новые запросы и ожидания от своей профессиональной деятельности, изменяющейся конъюнктуры и требований рынка труда. При организации профориентационной работы следует учитывать наличие ряда тенденций, оказывающих влияние на личностное и профессиональное самоопределение.

В настоящее время сложились условия свободного доступа и избыточности информации о профессиях, что, с одной стороны, способствует осознанному выбору профессии, но, с другой – затрудняет принятие решения, так как становится сложно сориентироваться в разнообразии профессиональных сфер и видов деятельности. Таким образом, молодое поколение еще на этапе обучения в школе сталкивается с ситуацией неопределенности выбора и откладывания принятия решений на более поздний период, вплоть до окончания вуза [1].

Другой тенденцией является динамичное изменение требований к специалисту. Цифровая трансформация экономики, интенсивное развитие и внедрение современных технологий в практику работы большинства специалистов изменяет содержание трудовой деятельности. Для многих обучающихся становятся привлекательными виды деятельности, допуск к которым ранее мог ограничиваться медицинскими, психофизиологическими или другими требованиями. Например, в результате использования современных цифровых технологий в инженерной деятельности расширяется спектр желающих ее осваивать [2].

Особое значение приобретает определение и последующее развитие надпрофессиональных (общих) компетенций. Профессии, где можно минимизировать контакты и в одиночку получать хорошие трудовые результаты во многом уходят в прошлое.

Таким образом, интенсивно меняющийся мир приводит к тому, что приоритеты профессиональной ориентации все в большей степени смещаются от информирования, диагностики, консультирования по вопросам выбора профессии к созданию условий для получения практического опыта выполнения профессиональных действий.

Указанные тенденции определяют содержание профориентационной работы. Особенно важным проведение такой работы становится в высокотехнологичных отраслях, в том числе и в авиационно-космической, где от притока хорошо подготовленных и высокомотивированных молодых кадров во многом зависит успешность решаемых задач.

Все это обуславливает реализацию профориентационных дополнительных образовательных программ, имеющих следующие характеристики: практико-ориентированность, отражение в содержании современных достижений науки, межотраслевой характер профессиональной деятельности. Образовательные результаты программы должны свидетельствовать о получении практического опыта [3].

Успешный опыт реализации подобных программ подтверждается их востребованностью у подрастающего поколения. Так, многие годы хорошо зарекомендовали себя проектные и тематические смены в детских лагерях и организациях («Смена», «Артек», «Сириус», «Воробьевы горы» и др.), стартовал проект «Космический класс в московской школе», работают кружки и реализуются программы соответствующей направленности на базе вузов и предприятий.

Проанализированные тенденции находят свое отражение в программах и мероприятиях, направленных на содействие в выборе профессий авиационно-космической отрасли. Именно прикладной характер программ позволяет познакомить обучающихся с передовыми достижениями космонавтики, попробовать себя в роли специалиста отрасли, увидеть для себя возможные образовательные траектории и последующий маршрут профессиональной реализации.

Литература

[1] Чистякова С.Н. Системная организация педагогического сопровождения профессионального самоопределения обучающихся в условиях социально-экономических перемен // Казанский педагогический журнал. – 2017. – № 1. – С. 4–14.

[2] Пронькин В.Н., Махотин Д.А., Кинелева В.В., Родичев Н.Ф. Воспитательный потенциал профориентации: взгляд нового поколения // Профессиональное образование и рынок труда. – 2022. – № 3(50). – С. 97–115.

[3] Козленкова Е.Н. Современные подходы к реализации профориентационных дополнительных образовательных программ / Е.Н. Козленкова, П.Ф. Кубрушко // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: материалы 28-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 23–24 мая 2023 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2023. – С. 137–140.

ЮНОШЕСКИЙ КЛУБ КОСМОНАВТИКИ ИМ. Г.С. ТИТОВА НА ОРБИТЕ ЖИЗНИ

Грачев Г.А., Купорова М.А.
(ГБНОУ «СПБ ГДТЮ», г. Санкт-Петербург)

Юношеский клуб космонавтики имени Германа Степановича Титова (ЮКК) был основан в Ленинграде в 1961 году. Наш клуб является старейшим в России подростковым клубом научно-технической аэрокосмической направленности. За годы существования клуба в нем прошли обучение более 3000 человек. Среди наших выпускников два космонавта: Екатерина Александровна Иванова – космонавт-исследователь, Андрей Иванович Борисенко – Герой России, летчик-космонавт.

Ежегодно в клубе занимается около 150 старших школьников. Комплексная образовательная программа клуба рассчитана на 3 года. На первый год обучения принимаются учащиеся 7–9 классов, обучение проводится на бюджетной основе. По окончании учащиеся получают сертификат о дополнительном образовании.

Образовательная среда клуба включает в себя обучение аэрокосмическим и компьютерным технологиям. Ребята могут изучать астрономию и астрофизику, историю космонавтики и основы ракетно-космической техники, самолетовождение и организацию воздушного движения, учебно-летную подготовку на авиационных тренажерах, 3D-моделирование и проектирование радиоэлектронных устройств, основы Web-разработки.

Важнейшей ценностью клуба является создание благоприятной культурно-досуговой среды, в которой объединяются разные поколения людей. В такой среде учащиеся социализируются и приобретают систему ценностей, востребованную в обществе, но что самое главное – востребованную в их собственной жизни.

Многообразие вариантов самореализации в клубе (от участия в лагерных сборах, организации и проведении праздников до участия в проектах аэрокосмической направленности) развивает в школьниках социально-значимые навыки, такие как: адаптация в условиях неопределенности; работа над долгосрочными проектами; работа в команде и проявление инициативы.

Большое внимание уделяется научно-исследовательской деятельности, участию в конференциях и конкурсах различного уровня, сотрудничеству с ВУЗами и предприятиями, реализации совместных проектов.

С 2014 года в ЮКК реализуется образовательный проект «AnSat» (AnichkovSatellite – спутник Аничкова дворца). Миссия проекта – переход к новому качеству аэрокосмического образования старших школьников.

Проект «АнСат» является долговременным, комплексным и состоит из трех сегментов:

1. Космический (разработка крупногабаритной платформы «АнСат»).
2. Авиационный (разработка БПЛА, системы автоматической посадки).
3. Наземный (разработка единой системы управления космическим и авиационными сегментами проекта и стендами на их основе).

Для организации работы над проектом в ЮКК создано молодежное КБ, объединяющее старшеклассников – членов клуба, студентов – выпускников клуба и педагогов. Задачи проекта ЮКК:

- ранняя профориентация старших школьников в области аэрокосмических технологий;
- реализация профессионального «лифта» для школьников, студентов, молодых специалистов с участием профессионалов аэрокосмической отрасли;
- участие школьников в реализации конкретных научно-технических проектов.

Для реализации используется материально-техническая база клуба:

- Процедурные авиационные тренажеры (Боинг-737 и Cessna 172 SP).
- Диспетчерский тренажерный комплекс.
- Центр связи с космическими аппаратами (антенная система).
- Компьютерные классы, станки и оборудование для макетирования и прототипирования, работы с электронными компонентами.

Педагоги ЮКК по профильным направлениям осуществляют подготовку учащихся к научно-практическим конференциям, разработку новых образовательных программ в поддержку образовательного проекта ЮКК, а также непосредственно участвуют в реализации проектов.

Клубом, совместно с ведущими предприятиями страны, организуются стажировки. Первая такая стажировка прошла летом 2013 году на базе ЦПК имени Ю.А. Гагарина. В последующем были организованы стажировки в РКК «Энергия» (2017, 2018) и ОКБ Сухого (2018, 2019). В ходе стажировок мы имеем возможность: получить профессиональную оценку разрабатываемых в клубе проектов; познакомить школьников со специалистами; получить уникальные знания в области деятельности предприятий и укрепить связи для дальнейшего сотрудничества.

Благодаря комплексному подходу к обучению, выпускники клуба приобретают осознанность в выборе будущего жизненного пути и в выборе своей профессии, своего призвания. Будучи студентами, выпускники сохраняют связь с клубом и продолжают участвовать в проекте «АнСат», тем самым сохраняя преемственность поколений и выстраивая сильные связи в цепочке «Школьник–студент–специалист».

**ПРОФИОРИЕНТАЦИОННАЯ РАБОТА СРЕДИ МОЛОДЕЖИ
КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОДГОТОВКИ
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ
ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Агеев Г.К., Каменев С.И.

(ФГБОУ ВО Уфимский Университет Науки и Технологий, г. Уфа)

Корниенко М.Б., Плюхов С.И., Юнусов О.В.

(Башкортостанское региональное отделение Федерации космонавтики России, г. Уфа)

Современный уровень развития ракетно-космической техники, соответствующих отраслей науки и передовых технологий требует должного уровня подготовки квалифицированных специалистов.

В этой связи традиционно важной составляющей является профориентационная работа среди школьников и студентов младших курсов.

В Республике Башкортостан накоплен определенный опыт проведения ряда мероприятий, направленных на раннюю профориентацию, привлечение молодежи к обучению в ведущих технических ВУЗах страны и Башкортостана, ориентацию на последующую трудовую деятельность на предприятиях ракетно-космического комплекса России. Около двух десятилетий подобная работа осуществляется благодаря усилиям и координации деятельности всех заинтересованных структур со стороны Башкортостанского регионального отделения Федерации космонавтики России и Уфимского университета науки и технологий (до 2022 г. – УГАТУ) [1]. С начала 2000-х годов по инициативе руководства УГАТУ с целью реализации программы долговременного партнерства с ведущими научными центрами, КБ и предприятиями – лидерами ракетно-космического комплекса России группы лучших студентов университета – 28–30 человек направлялись за счет ВУЗа в Москву, Подмоскowie, Санкт-Петербург, Самару, Екатеринбург для посещения ведущих российских предприятий [2]. За прошедшие годы студенты и школьники из Башкортостана посетили Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, Центр управления полетами (г. Королев), НПО «Измерительная техника» (г. Королев), РКК «Энергия» им. С.П. Королева, НПО «Энергомаш» им. Академика В.П. Глушко (г. Химки), МКБ «Факел» им. Академика П.Д. Грушина (г. Химки), НПО им. С.А. Лавочкина (г. Химки), Государственный научно-производственный космический центр им. М.В. Хруничева (г. Москва), НПО «Машиностроения» (г. Реутов), ГосМКБ «Радуга» им. А.Я. Березняка (г. Дубна), РКЦ «Прогресс» (г. Самара), Машиностроительный завод им. М.И. Калинина (г. Екатеринбург). Дважды студенты и школьники Башкортостана побывали на космодроме Байконур. В результате устанавливающихся партнерских отношений между университетом и пред-

приятными студентам получают представление о славном прошлом, сегодняшнем дне и перспективах развития ракетно-космического комплекса России.

С 2012 года в Башкортостане ежегодно проводится Международная аэрокосмическая школа им. космонавта-испытателя СССР, уроженца Башкортостана У.Н. Султанова [3]. Организаторы школы – Башкортостанское региональное отделение ФКР, УУНиТ (УГАТУ), АНО «Международная аэрокосмическая школа». Участниками школы могут стать только победители и призеры олимпиад и конкурсов авиационного и ракетно-космического профилей. Если первые 10 лет школа проводилась только в летний период, то в последнее время она проводится также и в период осенних и весенних школьных каникул. За прошедшие годы в школе побывали юные знатоки и эрудиты в области авиации и космонавтики из 13 стран дальнего и ближнего зарубежья, многих регионов России. Перед участниками школы с лекциями и мастер-классами неоднократно выступали Дважды Герои Советского Союза В.В. Коваленок, В.А. Ляхов, Герои Советского Союза И.П. Волк, А.Н. Баландин, А.П. Арцебарский, Герои России М.Б. Корниенко, С.Н. Ревин, А.А. Скворцов, С.В. Кудь-Сверчков, Заслуженный испытатель космической техники В.Г. Довгань.

Таким образом, объединение усилий Федерации космонавтики России, вузов Башкортостана, коммерческих и некоммерческих структур позволяют успешно решать проблемы ранней профориентации, отбора наиболее подготовленной и мотивированной молодежи для обучения и последующей трудовой деятельности на предприятиях ракетно-космического комплекса страны.

Литература

[1] Каменев С.И., Гриценко О.Ю. Международная аэрокосмическая школа им. космонавта-испытателя СССР У.Н. Султанова как эффективная форма патриотического воспитания молодежи // Материалы второй научно-практической конференции «Военно-патриотическое воспитание молодежи». – Уфа, 2018. – С. 94–97.

[2] Каменев С.И., Хайруллина Р.Р. Подготовка высококвалифицированных кадров для предприятий ракетно-космической отрасли – приоритетная задача высших учебных заведений // Сб. материалов XIII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2019. – С. 379–380.

[3] Международная аэрокосмическая школа в Республике Башкортостан как эффективная форма популяризации космических исследований и привлечения молодежи для работы в космической отрасли / Агеев Г.К., Каменев С.И., Хайруллина Р.Р. // Материалы Первой всероссийской конференции по космическому образованию «Дорога в космос». – М.: ИКИ РАН, 2019. – С. 25–27.

ЛЕТНОЕ УЧИЛИЩЕ КАК ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ И СТАНОВЛЕНИЯ КОСМОНАВТА

Лихачева Е.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

(СЛУ ГА – филиал ФГБОУ ВО УИ ГА)

Кто может стать космонавтом сегодня? Представителей каких профессий следует предпочесть? Каким физическим требованиям он должен удовлетворять? Какие знания потребуются будущему космонавту?

Представителей каких профессий следует предпочесть при отборе в космонавты? Сергей Павлович Королёв считал, что «для такого дела лучше всего подготовлены летчики, в первую очередь, летчики реактивной истребительной авиации...».

Несомненно, и в наше время предпочтение отдается именно «летным специальностям». Особое внимание уделяется людям, для которых авиация – большая часть жизни, а за плечами таких людей тысячи часов налета на различных типах самолетов [1].

С чего начинают свой путь будущие пилоты, для которых поступление в летное училище – это одна из основных ступеней на пути становления космонавтом [2]?

Теория и методика профессионального образования пилотов. В настоящее время шесть государственных образовательных организаций в России ведут первоначальную подготовку коммерческих пилотов. Две из них ведут подготовку пилотов с высшим образованием. Все они являются частью вертикально интегрированных комплексов образовательных организаций гражданской авиации [3].

Проблемы системы подготовки пилотов гражданской авиации. Рассматривается ретроспектива, а также анализ структуры существующей системы подготовки пилотов гражданской авиации, представлены данные по набору и выпуску по специальностям подготовки пилотов. Выявлены проблемы подготовки, которые в дальнейшем сказываются на отборе высококвалифицированных кандидатов в космонавты: недоукомплектованность образовательных организаций кадрами, несоответствие материально-технической базы предъявляемым требованиям[4].

Что включает профессиональный отбор в космонавты? Конкретный состав профессиональных требований к кандидатам определяется и оценивается на каждом этапе отбора. Отбор космонавтов на каждом этапе проводится, исходя из требований Федеральной космической программы Российской Федерации.

Психофизиологические основы летного обучения. Ресурсы пилота. Надежность. Ввиду сложного и опасного характера лётной деятельности, постоянного развития и совершенствования авиационной техники, возрастающих требований к профессионализму авиационного специалиста, дороговизны лётного обучения задача повышения качества профессиональной подготовки военных лётчиков стоит наиболее остро [5].

Психофизическая подготовка будущих космонавтов. Высокая физическая и психологическая подготовка космонавтов – не только залог успешного выполнения полета, но и обязательное условие долголетней профессиональной деятельности. Эти виды подготовки необходимы, чтобы космонавт мог успешно стартовать, выполнить программу полета и вернуться на Землю [6].

Перспективы будущего и совершенствование настоящего в развитии космонавтики. Перспективы российской космонавтики XXI в. напрямую связаны с ведущими тенденциями и факторами развития мировой космонавтики, выполнением международных обязательств России в области освоения космоса, а также сохранением космического потенциала страны и его приоритетным развитием.

Литература

- [1] Батурин Ю. Повседневная жизнь российских космонавтов / Живая история. – 2011. – С. 55–60.
- [2] Рязанский С. Можно ли забить гвоздь в космосе / И другие вопросы о космонавтике. – 2019. – С. 210–236.
- [3] Сосновский Ю.П. Особенности формирования профессионально важных качеств у курсантов авиационных вузов.
- [4] Крикунов К.Н. Проблемы системы подготовки пилотов.
- [5] Романович О.А. Диагностика психофизических процессов.
- [6] Токарь Е.В. Психофизическая подготовка будущих космонавтов.
- [7] Хомутов Е.А. Учебно-методическое пособие.

ОПЫТ ПОДГОТОВКИ И УЧАСТИЯ ШКОЛЬНИКОВ В РЕГИОНАЛЬНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ЧЕМПИОНАТАХ ДВИЖЕНИЯ WORLDSKILLS В КОМПЕТЕНЦИИ – ИНЖЕНЕРИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Сложенкина О.Ю., Михайлова Н.В.
(СОШ им В.М. Комарова, Звездный городок)

Шуров А.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В докладе рассмотрена подготовка команд школьников 11–18-летнего возраста к чемпионатам в рамках Российского движения WorldSkills. Показана достаточность интереса школьников к инженерии космических систем и результативность организации передачи знаний и опыта от школьников, победителей и награжденных чемпионатов к новичкам. Описаны функции выполняемые школьниками в чемпионатах и оборудование необходимое для проведения обучения.

Движение WorldSkills, вовлечения школьников в космическую отрасль, подготовка команд, риски организации обучения и подготовки, конструктор «Орбиткрафт».

С 2019 года команды школы Звездного городка участвуют в движении WorldSkills. Движение WorldSkills является международным, региональные и национальные чемпионаты в России проводятся более чем по 100 компетенциям.

Команды школы Звездного городка готовятся и участвуют в компетенции – инженерия космических систем (ИКС). Это отчасти объясняется тем, градообразующим предприятием является Центр подготовки космонавтов (ЦПК) при этом школа является школой с углубленным изучением английского языка и рассматривается как кадровый резерв для целевого обучения в вузах.

С целью более полного вовлечения школьников в космическую отрасль специалисты ЦПК поспособствовали в 2019 году передачи специального оборудования для подготовки и проведения по этой компетенции соревнований из города Реутов в Звездный городок.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ
С РАЗЛИЧНЫМИ КАТЕГОРИЯМИ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
ПО ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ
НА ПРИМЕРЕ КОСМОЦЕНТРА ЦПК ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА**

Захаров О.Е.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Космоцентр ЦПК создан более 10 лет назад и за это время успел накопить огромный опыт профориентационной работы с различными категориями посетителей по популяризации отечественной пилотируемой космонавтики.

Целью его создания было обеспечение первичной подготовки молодых космонавтов и кандидатов в космонавты, а также профориентационная работа с различными категориями посетителей школьного возраста, студентами и взрослыми людьми. По мере развития Космоцентра множились и ширились его задачи. Из основных можно отметить:

- привлечение новых сотрудников в космическую отрасль и ЦПК;
- создание системы лично-ориентированного обучения для эффективной самореализации учащихся, развитие их творческого потенциала и использование его в рамках космического образования;
- формирование личности с технологическим мышлением и определенным уровнем технической культуры;
- формирование у обучающихся чувства патриотизма и любви к Родине на примере жизни и деятельности космонавтов;
- приобретение обучающимися компетенций исследовательской деятельности, умений выдвигать гипотезы и находить средства их адекватного изучения;
- формирование положительного имиджа космонавтики в обществе[1].
- профессиональная ориентация студентов и школьников, начальная подготовка молодых специалистов в области космонавтики, применения космической техники и технологий;
- разработка и методическое обеспечение образовательных программ и технологий для разных категорий слушателей, их реализация в КЦ.

Совершенно очевидно, что в условиях все ускоряющегося прогресса, информатизации, развития постиндустриального общества меняется наша аудитория.

Современные подростки взрослеют в эпоху процветания интернета, социальных сетей и портативных гаджетов, следовательно – постоянного потока информации, а «бумеры» и поколение X столкнулись с цифровыми технологиями уже в осознанном возрасте и так и не смогли до конца их «обуздать».

С миллениалами «зумеров» роднит цифровая натура потребления, но при этом отличает большая практичность [2].

Для соответствия современным вызовам разработана Концепция дополнительного образования детей до 2030 года, утвержденная Правительством РФ. Целями развития дополнительного образования детей являются создание условий для самореализации и развития талантов детей, а также воспитание высоконравственной, гармонично развитой ответственной личности [3].

Программы дополнительного образования Космоцентра также изменяются, приобретая следующие особенности и черты:

- повышение роли практико-ориентированных занятий с элементами подготовки космонавтов;
- акцент на интерактивности занятий, выставок, экспозиций;
- мультимедийность представления информации;
- дистанционные формы взаимодействия со слушателями;
- использование современных методов представления информации (AR и VR технологии, инфокиоски, интерактивный контент, QR-коды, возможности соцсетей и т. д.);
- учет изменения характера слушателей и посетителей от «заинтересованных» к «отдыхающим»;
- изменение форм и методов подачи материала сообразно возрасту.

Литература

[1] Перспективы дальнейшего развития Космоцентра ЦПК имени Ю.А. Гагарина как профориентационной площадки Роскосмоса. Идеи К.Э. Циолковского в контексте современного развития науки и техники. Материалы 53-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. 2018. – С. 396–397. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37099122_10492684.pdf.

[2] Видео, соцсети и самообразование: как учатся современные подростки <https://trends.rbc.ru/trends/education/60b8939c9a7947fcd44eba97> дата обращения 29.09.23, свободный ресурс (дата обращения 01.10.2023).

[3] Концепция дополнительного образования детей до 2030 года <http://static.government.ru/media/files/3fIgkklAJ2ENBbCFVEkA3cT0siypicBo.pdf>, свободный ресурс (дата обращения 01.10.2023).

**ШКОЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА РОССИИ
О МИРОВОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКЕ.
МЕТОДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗНАНИЙ
О ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКЕ**

Прокопец А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Для изучения объема информации школьной программы о мировой пилотируемой космонавтике были изучены учебники школьной программы 10 и 11 классов по истории и астрономии. Анализ показал, что в указанных учебниках этот объем составляет 4 абзаца текста, общей емкостью 17 строк. В них первый космонавт мира Ю.А. Гагарин и главный конструктор ОКБ-1 С.П. Королёв упоминаются по три раза.[1, 2].

Из практики проведения экскурсий для детей школьного возраста, осознанный интерес к исторической информации покорения космоса человеком, проявляется у учеников с пятого класса.

Отечественная пилотируемая космонавтика является национальной гордостью граждан нашей страны. Малый объем информации школьной программы по этой тематике не позволяет оценить значимость отечественных достижений и как следствие воспитать у молодежи эту гордость. Необходим ряд дополнительных мер, к числу которых ввести в качестве дополнительного образования следующие мероприятия:

факультативные (открытые) уроки по изучению истории пилотируемой космонавтики;

посещение музеев космонавтики в городах нашей страны;

литературные чтения по истории пилотируемой космонавтики;

информирование учеников по запуску пилотируемых космических кораблей, их стыковке с МКС, возвращению космонавтов из полета в школах и предварительных итогах полетов;

доведение до учеников старших классов порядка поступления в технические ВУЗы авиационной и космической направленности.

Литература

[1] Учебник истории за 11 класс / Волобуев О.В., Клоков В.А. – Изд. «Просвещение», 2021 г.

[2] Учебник астрономии за 11 класс / Воронцов-Вельяминов Б.А., Страут Е.К. – Изд. «Просвещение», 2021 г.

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ РЕСУРС КОСМОЦЕНТРА ЦПК

Васильева Г.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Воспитание подрастающего поколения в духе патриотизма, любви к Родине, к истории своего народа всегда находилось в поле зрения государства. В последние годы этому важному процессу, обеспечивающему формирование облика нации, уделяется особое внимание. Приоритеты в области реализации воспитательных целей и задач подробно раскрыты в Стратегии развития воспитания в Российской Федерации до 2025 г. (далее – Стратегия) [2]. Предварительный анализ практики показывает, что требуется поиск новых технологий и способов организации работы с молодежью.

Космоцентр (далее – КЦ), как программно-технический обучающий комплекс, функционирует на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» с 2012 года. Решение задач, определенных Стратегией, в Космоцентре обеспечивается: современной научно-технической базой, высоким качеством предоставляемых услуг, научной ориентированностью и профессиональной направленностью программ сопровождения [1].

Под программно-методическим обеспечением (ПМО) понимается совокупность действующих программ (ознакомительных, общеразвивающих, предпрофессиональных), комплекс соответствующих способов и методик их реализации, а также диагностика результатов предлагаемых услуг.

Анализ многолетней работы Космоцентра по ПМО показывает, что реализуемые программы и методики – есть результат интенсивной практической и научно-методической деятельности специалистов профильного отдела.

В современных условиях большой популярностью пользуются предпрофессиональные программы для профильных классов школ (инженерных, медицинских, космических и т. д.) и вузов (предуниверсариев).

Специалисты КЦ оперативно и с учетом заявленного профиля разрабатывают дорожную карту программы (ДКП), где предусматривается «погружение» участников в определенную предметную среду с упором на интерактивные способы взаимодействия с ними. В дорожной карте определяется маршрут от замысла до воплощения программы, особое внимание уделяется ее структурным компонентам. В зависимости от профиля класса, этапы ДКП – варьируются.

Важность создания таких общеразвивающих дополнительных программ подтверждается в Законе РФ «Об образовании» [3].

Космоцентр ЦПК имени Ю.А. Гагарина, определив, что программно-методическое обеспечение является одним из важнейших направлений его

деятельности, придающее ему уникальность в своем роде и огромные преимущества, в настоящее время вносит серьезные изменения в разработку дальнейшей стратегии. Предполагается, что эти изменения позволят перевести деятельность Космоцентра из режима традиционного функционирования в режим постоянного развития.

Система программно-методического обеспечения как важнейшего стратегического ресурса Космоцентра, включает в себя следующие компоненты: целевой; содержательный; организационно-деятельностный; контрольно-оценочный.

Программно-методическое обеспечение характеризуется совокупностью ознакомительных, общеразвивающих, предпрофессиональных программ и методов их назначения. Элементами любой программы являются: цели, содержание, методы обучения, оценка. В дорожной карте каждой реализуемой программы названные элементы детально раскрываются.

В работе КЦ активно используются дидактические средства, которые помогают при проведении занятий, составлении дорожной карты программы, делают организационную работу слаженнее и удобнее. Конкретно применяются следующие дидактические средства (методики): демонстрация, объяснение, наблюдение, проблемный метод, упражнения. Кроме того, в процессе реализации программ, часто используются некоторые педагогические стратегии обучения: сотрудничество в группе, практическое обучение, информационные технологии, визуализация, моделирование.

При разработке ПМО учитываются следующие показатели: факторные, системные, статистические, расчетные.

Программно-методическое обеспечение является одним из основных направлений в программе развития Космоцентра и выступает как механизм его инновационного развития и управления качеством предоставляемых услуг.

Отдельно необходимо выделить наиболее острые проблемы КЦ по программно-методическому обеспечению, в которых можно видеть его точки роста. Прежде всего, это:

- разработка и реализация дополнительных общеразвивающих программ нового формата;
- необходимость в расширении возможностей для использования информационных, интерактивных, дистанционных, форсайт технологий, проектного и проблемного обучения;
- на регулярной основе проводить анализ и оценку результатов эффективности работы КЦ, осуществлять мониторинг и обсуждение;
- поддержка системы регулярных многоэтапных и разноуровневых конкурсов, олимпиад, научно-практических конференций для школьников и студентов;

- создание соответствующих условий для посещения Космоцентра детей с ОВЗ (на основе инклюзивных программ дополнительного образования детей).

В современный период специалисты Космоцентра ЦПК переосмысливают в теоретическом и практическом плане подходы к программно-методическому обеспечению как стратегическому ресурсу, повышающему качество и эффективность его работы.

Литература

[1] Власов П.Н. 60 лет ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» – задел на будущее. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 1(34). – С. 7–26.

[2] Стратегия развития воспитания в Российской Федерации до 2025 года.

[3] Федеральный Закон от 29 декабря 2012 г. № 273 – ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

ВЛИЯНИЕ ПРОЕКТА «ВЫЗОВ» НА ПОПУЛЯРИЗАЦИЮ РОССИЙСКОЙ КОСМОНАВТИКИ

Павленко Н.А.

(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Популяризация российской космонавтики является одним из важных направлений работы Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Космоцентр ЦПК (подразделение службы историко-образовательной) осуществляет экскурсионные и образовательные мероприятия, как для российских студентов, так и для иностранных граждан. Одним из новых направлений работы Центра стали съемки первого в мире фильма в космосе.

Актриса Юлия Пересильд и кинорежиссер Клим Шипенко работали над проектом непосредственно на Международной космической станции.

Юлия и Клим входили в состав основного экипажа, командиром которого был назначен космонавт Антон Шкаплеров. Киногруппа вернулась на Землю с космонавтом Олегом Новицким. Космическая экспедиция проходила с 5 по 17 октября 2021 года. За двенадцать суток, которые артисты провели на орбите, удалось полностью реализовать задуманное и выполнить съемки для той, части будущего фильма, действие которого развивается в космосе [1].

Выход фильма «Вызов» на экран имел большой резонанс. Огромное количество откликов, рецензий, комментариев, а так же повышение интереса к ЦПК имени Ю.А. Гагарина способствовало развитию образовательной и просветительской деятельности Центра.

Данный проект был не только первым в истории мировой космонавтики, но и послужил «трамплином» к возрастанию интереса подрастающего поколения, как впрочем, и широкой сферы представителей различных возрастных категорий. Фильм «Вызов» повлиял на увеличение охвата аудитории, стремящейся посетить Центр подготовки космонавтов и оказаться на основных объектах тренажной базы, где проходила отбор и подготовку первая актриса, совершившая космический полет. Юлия Пересильд стала так же одной из немногочисленных российских женщин, побывавших на орбите, что, несомненно, повлияло на восторг и признание аудитории, а так же стремление к повышению космических знаний, интересу к профессии «космонавт».

Центру подготовки космонавтов удалось подготовить основной и дублирующий экипажи к полету за короткие сроки. Это был вызов не только для артистов, но и для космонавтов, а так же специалистов ЦПК. Центр приобрел необходимый опыт в подготовке участников космического полета за 3,5–4 месяца. Это послужит хорошим заделом последующей ускоренной подготовки участников космического полета [1].

Литература

- [1] Электронный источник [<https://www.gctc.ru/print.php?id=5595> вход 25.09.2023].

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Роль НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина в реализации концепции российской пилотируемой космонавтики. <i>Харламов М.М.</i>	5
Роль космонавта в проведении медико-биологических космических экспериментов. <i>Орлов О.И., Харламов М.М., Бабкин А.Н., Смирнов Ю.И.</i>	7

СЕКЦИЯ 1

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Чувствительные элементы датчиков для системы мониторинга состояния газовой среды на борту космического аппарата. <i>Ризаханов Р.Н., Бармин А.А., Рудштейн Р.И., Матасов М.Д., Ларченков А.С.</i>	11
Проблема экспансии в космос, безопасность полетов и качество жизни людей вне Земли (история, реальность, перспективы). <i>Кричевский С.В.</i>	13
Насос-сепаратор для конденсата и воды: результаты работы и перспективы. <i>Бобе Л.С., Меньшикова И.Д., Кирюхин А.В., Рыхлов Н.В., Павлов А.В., Сальников Н.А., Железняков А.Г., Шамина Н.А., Запругайло Е.Д.</i>	15
Результаты работы и перспективы по совершенствованию системы приема и консервации урины на российском сегменте МКС. <i>Бобе Л.С., Сальников Н.А., Павлов А.В., Рыхлов Н.В., Рукавицин С.Н., Шамина Н.А., Железняков А.Г.</i>	16
Применение робототехнической группировки МЧС России в проведении поисково-спасательной операции экипажей спускаемых космических аппаратов при их приземлении в зонах крупных лесных пожаров и наводнений. <i>Козлов В.И., Пеньков И.А., Коренкова О.А.</i>	18
Применение летательных аппаратов типа «ЭКИП» при организации спасательной операции экипажа космонавтов в районах Севера и Сибири России. <i>Савицкий А.И.</i>	20
Система генерации кислорода «Электрон-ВМ» на Международной космической станции: анализ отключений по сигналу «Отказ насосов». <i>Прошкин В.Ю.</i>	22

Актуальные проблемы наземного экспериментального моделирования условий работы и спуска космических аппаратов, решаемые сотрудниками ИПМЭХ РАН. <i>Котов М.А.</i>	24
Космический мониторинг для разведки месторождений углеводородов на морском шельфе. <i>Либерзон М.Р.</i>	26
Роль космической эргономики в оптимизации профессиональной деятельности экипажей пилотируемых космических аппаратов. <i>Королев Л.М., Сорокин В.Г., Самарин В.В., Фалеев А.В.</i>	28
Анализ отклонений в функционировании эргатической системы «экипаж–ПКА–среда», и его использование в интересах эффективности деятельности и обеспечения безопасности космических полетов экипажей МКС-67 и МКС-68. <i>Фалеев А.В., Королев Л.М., Сорокин В.Г., Самарин В.В.</i>	30
Состав отображаемых информационных параметров для пилотируемого транспортного корабля и лунного взлетно-посадочного корабля при выполнении лунной миссии. <i>Сорокин В.Г., Королев Л.М., Самарин В.В., Фалеев А.В.</i>	32
Анализ влияния человеческого фактора на безопасность профессиональной деятельности космонавтов. <i>Самарин В.В., Королев Л.М., Сорокин В.Г., Фалеев А.В.</i>	34
Некоторые эргономические особенности управления антропоморфной робототехнической системой космического назначения «ROBONAUT-2». <i>Сорокин В.Г.</i>	36
Исследование вопросов проектирования и отработки коллаборации и интерфейса робототехнических систем для операционной и информационной поддержки деятельности космонавтов в перспективных пилотируемых космических полетах. <i>Дикарев В.А., Симбаев А.Н., Кикина А.Ю., Чеботарев Ю.С., Никитов Э.В., Агаркова Ю.С.</i>	39
Обобщенные результаты экспериментальных исследований вестибулярной устойчивости космонавтов при управлении антропоморфной робототехнической системой в виртуальной среде. <i>Дикарев В.А., Симбаев А.Н., Кикина А.Ю., Чеботарев Ю.С., Никитов Э.В., Агаркова Ю.С., Луцевич Д.Н., Миняйло Я.Ю., Кукоба Т.Б., Киреев К.В.</i>	40
Перспективные направления применения лазерных технологий в пилотируемой космонавтике. <i>Батурин Ю.М., Куликов И.Н., Крючков Б.И.</i>	42
Роль ситуационной осведомленности космонавта при управлении виртуальной моделью лунного ровера. <i>Довженко В.А., Крючков Б.И., Усов В.М.</i>	44

Оценка перспектив пилотируемого освоения Луны. <i>Курицын А.А., Ковинский А.А.</i>	46
---	----

СЕКЦИЯ 2

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОСМОНАВТОВ (ОТБОР, ПОДГОТОВКА, КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ)

Об учебном курсе для космонавтов по основам искусственного интеллекта. <i>Батурин Ю.М., Дубинин В.И., Харланов А.С., Куликов И.Н., Крючков Б.И.</i>	51
Варианты посадки и эвакуации космонавтов на стартовом комплексе перспективных ПТК. <i>Курицын А.А., Шкаплеров А.Н.</i>	53
Проблемы голосового взаимодействия между экипажем и наземными службами управления при выполнении длительных космических полетов. <i>Кондратьев А.С., Маликов А.Е., Пирогов П.В.</i>	54
Психологическое сопровождение международных экипажей длительных пилотируемых межпланетных экспедиций. <i>Поляниченко А.А., Бубеев Ю.А., Рюмин О.О., Суполкина Н.С.</i>	55
Распределение отклонений от норм деятельности по характеру проявления, допускаемых экипажами в ходе комплексных тренировок на тренажерах транспортных пилотируемых кораблей «Союз МС». <i>Бикмучев А.Р., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Краев В.М.</i>	56
Система моделирования пожарной обстановки на комплексе тренажеров РС МКС ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». <i>Дедков Д.К., Маликова Т.Ю., Тощева А.А., Леговина В.С.</i>	58
Результаты выполнения целевой работы «Экон-М» экипажами 68-й и 69-й экспедиций МКС. <i>Прокопьев С.В., Петелин Д.А., Кикина А.Ю., Федяев А.В., Картунов С.В., Кондрат А.И., Прокопенко Ю.П., Смолковский В.В., Темарцев Д.А.</i>	60
Специальная парашютная подготовка космонавтов – инструмент развития когнитивной гибкости, как профессионально значимого качества космонавта. <i>Тюрина А.М.</i>	61
Лингвометодическое содержание подготовки по русскому языку иностранных специалистов в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. <i>Супрун И.В.</i>	64
Специальная лексика в подготовке космонавтов по английскому языку. <i>Иванчина О.Ю.</i>	66
Опыт использования метода интервального запоминания в процессе подготовки космонавтов по системе управления инвентаризацией МКС. <i>Васильев М.В.</i>	69

Математическая постановка задачи определения оптимальных параметров управления процессом подготовки экипажей лунных ПКА. <i>Курицын А.А., Шкаплеров А.Н.</i>	70
Объективные трудности подготовки космонавтов по системам регенерации воды из урины РС МКС и непредвиденные проблемы в процессе ввода в эксплуатацию этих систем. <i>Дедков Д.К., Тощева А.А., Леговина В.С.</i>	72
Интеграция манипулятора ERA в российский сегмент МКС и модернизация тренажерной базы для выполнения задач подготовки космонавтов. <i>Кондратенко М.В., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Савинцев А.Ю., Титов К.А.</i>	74
Аспекты совершенствования инструментов экспресс-анализа мотивационных эссе претендентов – участников открытого конкурсного отбора в космонавты. <i>Беляева А.Д., Усов В.М.</i>	76
Разработка интерактивных учебных пособий для подготовки космонавтов с использованием современных цифровых инструментов. <i>Дмитриев В.Н., Ковинский А.А., Филиппов О.А.</i>	77
Методические аспекты информационно-аналитической деятельности специалистов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» при подготовке и проведении послеполетного межведомственного разбора. <i>Дмитриев В.Н., Темарцев Д.А., Кондрат А.И., Маликов А.Е., Ковинский А.А.</i>	79
Искусственный интеллект в решении задач Центра подготовки космонавтов. <i>Спирин Е.А., Крылов А.И., Панкратов А.Ф., Спирин А.Е.</i>	81
Опыт организации и проведения контрольных тренировок на стенде «Тренажер ВИН» с использованием системы оценки операторской деятельности на этапе ОКП. <i>Дедкова Е.В., Шолохова И.А., Юрченко Е.С., Максимов С.Н.</i>	83
Специальный вид подготовки российских космонавтов к выполнению дистанционного зондирования Земли с борта РС МКС. <i>Прокопенко Ю.П., Коротких В.В.</i>	86
Мониторинг экологического состояния урбанизированных территорий и крупных промышленных центров России в рамках выполнения ЦР «Экон-М». <i>Кондрат А.И., Темарцев Д.А., Прокопенко Ю.П.</i>	88
Опыт реализации учебно-тренировочных полетов космонавтов на авиационные визуально-инструментальные наблюдения объектов территории Российской Федерации. <i>Дедкова Е.В., Шолохова И.А., Васильев В.И., Юрченко Е.С., Максимов С.Н.</i>	90

Анализ причин возникновения ошибочных действий экипажей, связанных с несовершенством изделия (техники) в процессе эксплуатации РС МКС. <i>Маликова Т.Ю.</i>	92
Тренажерный комплекс Международной космической станции: особенности, проблемы и учет опыта эксплуатации при проектировании тренажера Российской орбитальной станции. <i>Кона Т.А., Анацкий М.А., Данюк Т.В., Давыдов В.С., Какушина К.Н.</i>	93
Изучение операторской деятельности в целях обеспечения выполнения перспективных пилотируемых программ. <i>Кондрат А.И., Кондратьев А.С., Васильев А.В., Савицьев А.Ю., Васильев Я.В.</i>	94
Предложения по совершенствованию структуры и формы представления «Перечня основных документов, регламентирующих деятельность ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» в части организационно-методической и учебной документации. <i>Дмитриев В.Н., Кондрат А.И., Темарцев Д.А.</i>	97
К вопросу внедрения управления процессами при создании тренажеров и оказании услуг по подготовке космонавтов. <i>Харламов М.М., Ростопилов Т.Н., Шулов А.И.</i>	99
Параметры орбиты космического аппарата, определяющие условия наблюдения объектов на земной поверхности. <i>Темарцев Д.А., Прудков В.Н., Митина А.А.</i>	101
Подготовка космонавтов по компьютерной технике в перспективе выполнения длительных космических полетов. <i>Темарцев Д.А., Черняк Е.А.</i>	104
О создании электронной системы «Паспорт тренажера». <i>Ростопилов Т.Н., Шулов А.И., Тарасов А.С.</i>	105
Анализ возможности использования технологий современных информационных интернет-платформ для обеспечения процесса подготовки космонавтов. <i>Ковинский А.А., Чуб Н.А.</i>	106
Расширение функциональных возможностей компьютерного тренажера ТПК «Союз МС» путем оптических измерений. <i>Спирин Е.А., Блинов О.В., Крылов А.И., Панкратов А.Ф., Спирин А.Е.</i>	107
Проблемные вопросы подготовки космонавтов к применению космических средств в интересах национальной безопасности. <i>Анисимов А.А., Дубинин В.И., Найденов И.Н.</i>	109

СЕКЦИЯ 3

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТЫ В КОСМОСЕ

Группировка малых космических аппаратов, запускаемых с борта МКС. <i>Шиленков Е.А., Фролов С.Н., Титенко Е.А., Добросердов Д.Г., Зарубин Д.М., Щитов А.Н., Коптев Д.С., Артемьев О.Г., Самбуров С.Н., Бродский И.Э.</i>	115
Система показателей научной деятельности космонавтов на борту РС МКС. <i>Дубинин В.И., Крючков Б.И., Куликов И.Н., Попова Е.В., Беляева А.Д.</i>	117
Химическая космология, как одна из форм проведения исследований и космического освоения Луны на этапе подготовки космонавтов. <i>Лукьянова О.А., Торгашев Р.Е.</i>	118
Изучение сейсмической активности Луны. <i>Торгашев Р.Е.</i>	120
Исследование проб лунного грунта. Геохимический анализ лунных пород. <i>Торгашев Р.Е., Лукьянова О.А.</i>	122
Подготовка экспериментов по выращиванию кристаллов теллурида цинка-кадмия в условиях микрогравитации. <i>Ажгалиева А.С., Борисенко Е.Б., Борисенко Д.Н., Колесников Н.Н., Тимонина А.В., Фурсова Т.Н., Шахлевич О.Ф., Бурмистров А.Е., Сенченков А.С., Яроцкий Б.И.</i>	123
Российско-европейский эксперимент на аппаратуре «Плазменный кристалл-4» на МКС – особенности эксплуатации и основные результаты. <i>Петров О.Ф., Зобнин А.В., Липаев А.М., Наумкин В.Н., Усачев А.Д., Сабуров П.А., Лукьянова О.А., Тома М.Х., Кречмер М.</i>	125
Экспериментальное исследование процессов горения в условиях космического полета. <i>Мелихов А.С., Болодьян И.А., Мордвинова А.В., Истомин И.В.</i>	127
Эволюция структуры и магнитных свойств аморфных сплавов на основе железа в условия экстремальных деформационных и низкотемпературных воздействий. <i>Сундеев Р.В.</i>	129
Самозалечивающиеся материалы для космической техники, организация экспериментальных исследований в условиях космического полета. <i>Ситников Н.Н., Грешнякова С.В., Залетова И.А., Исхаков Т.Ф., Ризаханов Р.Н., Тымко Н.П., Дубинин В.И., Лукьянова О.А.</i>	130
Биотехнологические эксперименты на борту МКС. <i>Старицын Н.А., Синчурина Е.В., Крашенинникова Т.К., Карташов М.С., Попова Е.В., Сабуров П.А.</i>	132

Исследование влияния факторов космического пространства на свойства культур микроорганизмов различных систематических групп. <i>Синчурина Е.В., Балтина И.Ю., Попова Е.В., Кутенцова О.А., Прохорова А.В.</i>	134
Космический эксперимент «Пробиовит»: итоги и перспективы. <i>Кобатов А.И., Польшцев Д.Г., Савин И.И., Попова Е.В., Кутник И.В.</i>	136
Разработка методов и бортовых технических средств обеспечения асептических условий проведения биотехнологических экспериментов в условиях пилотируемого космического полета. <i>Кузнецова И.В., Бондаренко Д.С., Кутник И.В.</i>	137
Исследование процесса роста бактериальных клеток в условиях космического полета. <i>Крашенинникова Т.К., Бугреева Н.С., Тополова Л.Н., Балтина И.Ю., Кутник И.В.</i>	139
Воздействие антимикробных препаратов и антибактериальных веществ растительного происхождения на биопленки пробиотических бактерий в условиях микрогравитации. <i>Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Капустина В.В.</i>	141
Изучение мутационных сдвигов у терапевтических бактериофагов после пребывания в условиях космического полета. <i>Крашенинникова Т.К., Лаврикова В.В., Старицын Н.А., Киселева И.А., Морозова Е.В., Рубальский Е.О., Сыкилинда Н.Н.</i>	143
Анализ проведения подготовки космонавтов в рамках космического эксперимента «Культивирование микроводорослей в условиях микрогравитации» (КЭ «Фотобиореактор») <i>Попова Е.В., Кутник И.В., Фролова А.А.</i>	145
Основные результаты исследований взаимодействия бактериофага Т7 с клетками <i>E. coli</i> на МКС, выполненные по ЦР «Микровир». <i>Сыкилинда Н.Н., Лукьянова А.А., Мирошников К.А., Кутник И.В., Лаврикова В.В., Старицын Н.А.</i>	147
Технологическое обеспечение космических экспериментов с <i>Drosophila melanogaster</i> . <i>Ларина О.Н., Брагина Ю.В., Беккер А.М., Буракова А.А.</i>	149
Культивирование микроводорослей в условиях микрогравитации. <i>Синчурина Е.В., Старицын Н.А., Крашенинникова Т.К., Кутник И.В., Гуреева Е.А.</i>	150
Ремоделирование коллагеновых структур дермы кожи животных после космического полета и наземного моделирования физиологических эффектов невесомости. <i>Шишкина В.В., Буравлева А.М., Атякишин Д.А.</i>	152

Гравичувствительность тучных клеток и гладкомышечного актина в желудке грызунов после космического полета. <i>Самойленко Т.В., Шишкина В.В., Горюшкина Е.С., Атязин Д.А.</i>	154
Исследование радиационно-защитных свойств композиционного материала на РС МКС. <i>Павленко В.И., Черкашина Н.И., Попова Е.В., Курицын А.А., Умнова Л.А., Шуришаков В.А.</i>	156
Применение логистической регрессии в задаче детектирования поворотов головы космонавта на МКС при помощи инерциальных датчиков. <i>Латонов В.В., Кручинина А.П., Петров А.А.</i>	158
История и перспективы исследований ионосферы с борта пилотируемых космических комплексов. <i>Котонаева Н.Г., Данилкин Н.П., Романов И.В.</i>	160
Космические эксперименты на РС МКС по воздействию на ионосферу потоков плазмы. <i>Ахметжанов Р.В., Богатый А.В., Дьяконов Г.А., Тютин В.К., Крашенинников И.В., Сурков В.В., Лапишинова О.В., Фролов А.В.</i>	162
Перспективы применения технологий распределенного реестра в отечественных информационных системах с использованием средств космического базирования. <i>Гуфан К.Ю., Иванов С.В., Хабовец Ю.Ю.</i>	164
Формирование базы знаний голосового ассистента космонавта РС МКС. <i>Рулев Д.Н., Калери А.Ю., Новиков А.Н., Левченко А.В., Прокопьев Е.В., Колесников А.В., Ашманов С.И., Крайнов В.С.</i>	165
Оценка функционирования программного обеспечения голосового ассистента космонавта в условиях моделируемой шумовой обстановки РС МКС. <i>Рулев Д.Н., Ашманов С.И., Крайнов В.С., Попова Е.В., Умнова Л.А.</i>	167
О возможности создания долгоживущих космических аппаратов с электроракетным двигателем, использующем газ разреженной атмосферы, на сверхнизких орбитах (150...250 км). <i>Голиков А.А., Ширковский И.А., Янова О.В.</i>	169
Изучение возможности уменьшения отолито-канального конфликта в невесомости при гальванической стимуляции вестибулярного аппарата. <i>Александров В.В., Магомедов М.Х., Садовничий В.А., Сухочев П.Ю., Тихонова К.В., Э. Сото</i>	171

СЕКЦИЯ 4
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Основные положения концепции поэтапного создания тренажерного комплекса Российской орбитальной станции. <i>Хрипунов В.П., Сосюрка Ю.Б., Игнатъев С.В.</i>	177
Создание единого интегрированного УТМК РОС нового поколения для подготовки космонавтов. <i>Шукишунов В.Е., Шукишунов И.В., Янюшкин В.В., Душенко Т.Г.</i>	179
Перспективные технологии формирования пространственных представлений на тренажерах подготовки летчиков и космонавтов. <i>Бюшгенс А.Г., Чунтул А.В., Крючков Б.И., Хохлов Ю.В.</i>	181
Применение российских операционных систем и ядра визуализирующей системы в технических средствах подготовки космонавтов. <i>Лаврентьев М.М., Бартош В.С., Огородников Д.В.</i>	183
Необходимость и перспективы модернизации систем обработки, регистрации и отображения визуальной информации в составе комплекса тренажеров российского сегмента Международной космической станции. <i>Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю., Брагин В.И.</i>	184
Перспективы развития систем регистрации аудиовизуальной информации в составе комплексов тренажеров Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. <i>Дулупов В.Е., Шадрин М.Ю.</i>	185
О перспективных направлениях развития систем видеоконтроля тренажеров. <i>Звёздочкин М.Ю., Товпеко А.В.</i>	186
Прибор ЦВМ201 и средства отладки бортового программного обеспечения для него. <i>Орлов А.В., Гришин В.Ю., Былинкин И.К., Гусев Е.В., Тарабаров П.А.</i>	188
Работы АО «НИИ телевидения» по повышению качества и функциональных возможностей телевизионных тренажеров для подготовки космонавтов. <i>Гуля-Яновский Д.В., Лыкова Е.М.</i>	189
Портативный туалет для женщин как средство жизнеобеспечения в условиях моделируемой микрогравитации и безопасности. <i>Лебедева С.А.</i>	191
Трансфер технологий отображения информации тренажерного комплекса РС МКС при создании средств подготовки космонавтов по программе Российской орбитальной станции. <i>Батраков В.В., Игнатъев С.В.</i>	193

Применение инновационных подходов к разработке системы обеспечения регистрации и информационной поддержки тренажеров по программе РОС. <i>Хрипунов В.П., Брагин В.И., Дедов С.В., Шадрин М.Ю.</i>	195
Анализ возможности использования программно-аппаратных средств ВС КТРС МКС в тренажерном комплексе РОС. <i>Ручкин И.В., Курбатов Д.В.</i>	197
К вопросу централизованного хранения документов и данных жизненного цикла ТСПК и обработки этой информации. <i>Жохов А.И.</i>	198
Разработка предложений по созданию специализированного тренажера виртуальной реальности для подготовки космонавтов к реализации напланетных миссий. <i>Юрченко Е.С., Васильев В.И.</i>	200
Анализ технических предложений по созданию специализированного тренажера информационно-управляющей системы РОС. <i>Захарченко Я.С., Васенин С.А., Курбатов Д.В.</i>	202
Системы и средства визуализации информации тренажерного комплекса модулей РОС. <i>Масалкин А.И.</i>	204
Анализ возможностей программно-аппаратных средств системы компьютерной генерации изображений в тренажерном комплексе РОС. <i>Дедов С.В., Брагин В.И.</i>	205
Телевизионная система как универсальный элемент тренажерного комплекса Российской орбитальной станции. <i>Брагин В.И., Пекарский А.В., Евстюхин М.С.</i>	207
Опыт разработки, модернизации и эксплуатации стенда-тренажера «Тренажер ВИН». <i>Юрченко Е.С.</i>	208
Основные принципы и технологии построения системы информационной поддержки тренажерного комплекса РОС. <i>Хрипунов В.П.</i>	211
Особенности получения математических моделей, применяемых в комплексных тренажерах для подготовки космонавтов. <i>Бекин А.Б., Сухенко Н.А., Хрипунов В.П., Блинов О.В., Путилин Д.В.</i>	212

СЕКЦИЯ 5
ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРИФУГ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Основные направления развития отечественной пилотируемой космонавтики и задачи применения центрифуг для проведения исследований и подготовки космонавтов. <i>Долгов П.П., Киришанов В.Н., Алтунин А.А.</i>	217
Проблемы адекватности центробежных машин космического назначения. <i>Акулов В.А.</i>	219
Реализация алгоритмов управления центрифугой ЦФ-18 при моделировании сквозного космического полета. <i>Гаврик И.Н., Белявцев С.Н.</i>	222
Бионавигация на Земле и в полете. <i>Александров В.В., Лемак С.С., Тихонова К.В.</i>	223
Первый в стране многоразовый возвращаемый аппарат. <i>Смирничевский Л.Д., Шелепин Л.М., Поляченко В.А.</i>	225
Развитие многоразовых аэрокосмических систем для транспортных операций снабжения. <i>Гранич В.Ю., Дзёма Ю.М.</i>	227
Применение систем искусственного интеллекта в целях оценки состояния летчика в процессе эксперимента на центрифуге физиологической. <i>Лебедев Д.М., Андриенко С.М., Королев А.А.</i>	228
Опыт эксплуатации и технического обслуживания центрифуги Ц-30 Министерства обороны Российской Федерации. <i>Епифанцев К.В.</i>	229
Опыт и перспективы применения методов теплового неразрушающего контроля при оценке технического состояния электрического и механического оборудования центрифуг на примере использования инфракрасного термографа «ИРТИС». <i>Щербаков М.И., Спирин Д.В.</i>	231
Средства кинематической обратной связи в имитаторах перегрузок для тренажеров пилотируемых космических кораблей. <i>Пономарев Н.К.</i>	235
Основные задачи программы экспериментальных исследований по сквозному моделированию космического полета на центрифуге ЦФ-18. <i>Миняйло Я.Ю., Гаврик И.Н.</i>	236
Результаты экспериментальных исследований с участием экипажей РС МКС на имитаторе планетохода. <i>Долгов П.П., Коренной В.С., Иродов Е.Ю., Булгаков А.В., Гришина И.А.</i>	238

Обобщенные результаты экспериментальных исследований возможности выполнения космонавтами операторской деятельности при управлении движением транспортного средства посредством антропоморфного робота в копирующем режиме телеуправления до и после космического полета. <i>Дикарев В.А., Симбаев А.Н., Кикина А.Ю., Чеботарев Ю.С., Никитов Э.В., Агаркова Ю.С., Швецов В.В., Беляев С.Н., Гришина И.А., Булгаков А.В., Беляев Д.А.</i>	240
Технологии оценки профессиональных навыков операторов космической техники на симуляторе лунохода. <i>Белюсова М.Д., Сухочев П.Ю., Счастливец Д.В., Швед Д.М., Лебедева С.А., Копнин В.А.</i>	242
Математическая модель планетохода. <i>Бурлаков Д.С., Чертополохов В.А.</i>	245
Оцифровка и отображение в виртуальном пространстве зала ЦФ-18 для моделирования деятельности на поверхности Луны. <i>Мальцев Н.П., Мухамедов А.М., Чертополохов В.А., Булгаков А.В.</i>	247
Метрологическое обеспечение технологических систем гидролаборатории и центрифуг. <i>Крылов А.И., Смагарев С.Г., Захаров А.О., Спирин А.Е., Панкратов А.Ф.</i>	248
Организация рабочего места врача внутри кабины центрифуги для проведения экспериментальных исследований по сквозному моделированию космического полета. <i>Булгаков А.В., Гришина И.А., Беляев Д.А.</i>	250
Модернизация головной части центрифуги ЦФ-18. <i>Брагин А.В., Швецов В.В., Языков А.В.</i>	251

СЕКЦИЯ 6

ВНЕКОРАБЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Вопросы интеграции и дооснащения многофункционального лабораторного модуля в РС МКС. <i>Верба Д.И., Панин А.А., Тарасов И.Ю.</i>	255
Анализ подготовки кандидатов в космонавты в гидролаборатории ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» по дисциплине «Водолазная подготовка космонавтов». <i>Кудряшов В.В., Харламов А.М., Верба Д.И., Дубаневич С.Ф., Алтунин А.А.</i>	256
Многофункциональные обслуживаемые орбитальные платформы. <i>Филиппов О.А.</i>	257

Применение дронов для внекорабельной деятельности на Российской орбитальной станции. <i>Филиппов О.А.</i>	258
Комплексная подготовка космонавтов к выходам в открытый космос на РС МКС с использованием манипулятора ERA. <i>Несмеянов В.В., Панин А.А., Тарасов И.Ю.</i>	259
Разработка и внедрение системы физиологического контроля операторов, снаряженных в скафандры «Орлан-ГН», на основе успешного опыта создания и эксплуатации систем предыдущих поколений. <i>Галкина И.В., Ярковенко А.В., Кудряшов В.В., Гайворонский Д.В., Красичков А.С., Ли Р.В., Шаповалов С.В.</i>	260
Аппаратно-программное и алгоритмическое обеспечение системы физиологического контроля операторов, снаряженных в скафандры «Орлан-ГН». <i>Красичков А.С., Ли Р.В., Семенов К.П., Шаповалов С.В., Гайворонский Д.В., Галкина И.В., Ярковенко А.В., Ларионов А.В., Гидзенко С.Ю.</i>	262
Эргономические требования к скафандру для внекорабельной деятельности на поверхности Луны. <i>Коренной В.С., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Жамалетдинов Н.Р.</i>	264
Методологический подход обоснования задач подготовки космонавтов в условиях невесомости на самолете-лаборатории Ил-76МДК. <i>Ельцов Р.Ю.</i>	266
Система видеоконтроля гидролаборатории: история, эволюция, перспективы. <i>Горлов И.В., Кондаков А.Н., Галкина И.В.</i>	268
Системы связи гидролаборатории. Перспективы развития в условиях импортозамещения. <i>Синельников Н.В.</i>	270
Вспомогательная платформа для внекорабельной деятельности. <i>Филиппов О.А.</i>	272
Перспективная система автоматической регулировки плавучести и ориентации СК «Орлан-МК-ГН» в условиях моделированной невесомости в гидросреде. <i>Филиппов О.А.</i>	273
Результаты экспериментальных исследований выполнения космонавтами сложной операторской деятельности на тренажере «Выход-2» после длительных космических полетов. <i>Коренной В.С., Долгов П.П., Иродов Е.Ю.</i>	273
Предложения по созданию искусственного и природного аналогов лунного полигона. <i>Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Долгов П.П.</i>	275

Перспективы развития тренажера «Выход-2» в рамках создания космического комплекса Российской орбитальной станции. <i>Водяникова А.В.</i>	277
Особенности проведения практических занятий с космонавтами с использованием виртуального рабочего места оператора ФМС скафандра «Орлан-МКС». <i>Соловьева Н.И.</i>	279
Экспериментальные исследования по имитации лунной гравитации и отработке отдельных операций напланетной деятельности на самолете-лаборатории Ил-76МДК. <i>Харлашкин С.Н.</i>	280
Функционально-действующий макет манипулятора для подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности в гидролаборатории. <i>Пронин А.Б., Алтунин А.А., Верба Д.И.</i>	281
Методы представления знаний в средствах подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности. <i>Жамалетдинов Н.Р., Левшин С.А., Емельяненко В.В.</i>	282
Исследование биомеханических характеристик вентиляционного макета скафандра для ВКД на поверхности Луны. <i>Лысова Н.Ю., Шпаков А.В., Савеко А.А., Томиловская Е.С., Смирнов Ю.И., Котов О.В., Жамалетдинов Н.Р.</i>	284

СЕКЦИЯ 7

МЕДИЦИНСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОТБОРА, ПОДГОТОВКИ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ В КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ И ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Перспектива использования блокаторов цитокинового шторма в области терапии и профилактики травмы спинного мозга при космических полетах. <i>Белогуров А.А.</i>	289
Возможность фармакологической защиты от низкодозового воздействия радиации. <i>Гладких В.Д., Филин К.Н., Кубата О.В.</i>	290
К вопросу о влиянии предполетного пониженного внутриглазного давления на состояние дисков зрительных нервов после длительных орбитальных космических полетов. <i>Даниличев С.Н.</i>	292

Программа 2 этапа послеполетной медицинской реабилитации опорно-двигательного аппарата космонавтов с помощью сочетанного применения бальнео-, физио-, пелоидотерапии и роботизированной биоуправляемой механотерапии. <i>Тер-Акопов Г.Н., Корягина Ю.В., Абуталимова С.М., Абуталимов А.Ш.</i>	294
Сократительные свойства скелетных мышц человека после космических миссий. <i>Коряк Ю.А.</i>	296
Некоторые аспекты организации медицинского обеспечения поиска и спасания экипажей пилотируемых космических кораблей, совершивших аварийную посадку в нештатных ситуациях. <i>Котов О.В., Поляков А.В., Поляков М.В.</i>	298
Векторная устойчивость оператора после выполнения операций внекорабельной деятельности при моделировании в гидросреде физиологических эффектов невесомости. <i>Кукоба Т.Б., Верба Д.И., Кудряшов В.В., Киреев К.С.</i>	300
Реализация механизмов ответа острой фазы в эксперименте с длительной иммерсией. <i>Ларина О.Н., Беккер А.М., Торин-Кузьмин А.Ю.</i>	302
Исследование адаптации системы микроциркуляции крови к микрогравитации в условиях космического полета. <i>Локтионова Ю.И., Жарких Е.В., Дунаев А.В., Федорович А.А., Сидоров В.В., Васин А.В., Дубинин В.И.</i>	304
Анализ влияния эргономических раздражителей на показатели электродермальной активности оператора космического тренажера. <i>Луцевич Д.Н., Киреев К.С., Заверюха А.С.</i>	306
Подходы к периодизации локомоторных тренировок в условиях длительного космического полета. <i>Лысова Н.Ю., Савенко О.А., Котов О.В.</i>	308
Метаболические аспекты адаптации испытуемых-добровольцев к факторам изоляции в ограниченном пространстве гермообъекта. <i>Маркин А.А., Журавлева О.А., Серова А.В., Кузичкин Д.С., Маркина Е.А., Поляков А.В., Логинов В.И., Журавлева Т.В.</i>	310
Влияние моделируемой невесомости на следящую функцию. <i>Миняйло Я.Ю., Кручинина А.П., Бугрий Г.С., Ганичева А.А.</i>	312
Барокамера стационарная СБК-80. <i>Мироненко К.В., Поздняков Ю.В., Гнатченко В.И., Салмин М.Ф.</i>	313
Уровни развития физических качеств космонавтов разных соматотипов. <i>Назин В.Г., Киреев К.С., Кукоба Т.Б.</i>	315

Изучение особенностей протеома крови для оценки регуляции процессов ангиогенеза у космонавтов после завершения длительных космических полетов. <i>Гончаров И.Н., Пастушкова Л.Х., Гончарова А.Г., Каширина Д.Н., Смирнов Ю.И., Киреев К.С., Ларина И.М.</i>	316
Медико-техническая подготовка в составах групп и экипажей по разделу МБП космонавтов и особенности создания стендов бортовых технических средств медицинского обеспечения ТПК и СМ РС МКС. <i>Поздняков Ю.В., Мироненко К.В., Щавелев Б.С.</i>	317
К вопросу об обитаемости космонавтов. <i>Поляков М.В.</i>	319
Психологическое сопровождение международных экипажей длительных пилотируемых межпланетных экспедиций. <i>Поляниченко А.А., Бубеев Ю.А., Рюмин О.О., Суполкина Н.С.</i>	321
Роль спортивно-оздоровительных сборов в системе медико-биологической подготовки космонавтов. <i>Потапов М.Г., Скёдина М.А., Ковалёва А.А.</i>	322
Оценка и коррекция психофизиологического состояния космонавта на основе параметров кардиометрии и адаптационных реакций с возможностью прогнозирования выполнения задач. <i>Руденко М.Ю., Берсенев Е.Ю.</i>	324
О возможности дистанционной оценки психоэмоционального состояния космонавта скринингом зрительного анализатора. <i>Стирин А.Е., Даниличев С.Н.</i>	326
Изменения параметров вертикальной стойки после длительного космического полета и опорной разгрузки разной длительности. <i>Шишкин Н.В., Китов В.В., Томиловская Е.С.</i>	327
Психологические аспекты изучения традиций, суеверий и примет космонавтов в предстартовый период. <i>Шевченко Ж.Н.</i>	328
Методика на совмещенную деятельность как новый инструмент для профотбора космонавтов. <i>Якимович Н.В.</i>	330
Изучение паттернов акустических характеристик речи операторов с целью прогнозирования когнитивной работоспособности в условиях моделируемых факторов космического полета. <i>Лебедева С.А.</i>	332
Влияние афферентации различных сенсорных входов на отолито-окулярный рефлекс после длительных космических полетов. <i>Наумов И.А., Глухих Д.О., Билоус Е.А., Екимовский Г.А., Корнилова Л.Н.</i>	334

Итоги пандемийной заболеваемости новой коронавирусной инфекцией (Covid-19) и оценка эффективности мероприятий, проведенных в центре. <i>Савин С.Н., Войтулевич Л.В., Гришин А.П.</i>	336
Адаптивная система динамического освещения в пилотируемых космических полетах – перспективы использования. <i>Демина П.Н.</i>	338
К вопросу создания аналога геомагнитного поля напланетных баз. <i>Берсенева Е.Ю., Бинги В.Н., Васин А.Л.</i>	340
Основные результаты обследований космонавтов, закончивших профессиональную деятельность. <i>Каспранский Р.Р., Демиденко С.Е., Фабер Е.Д.</i>	342
Медицинские особенности предстартовой подготовки российских членов экипажей SpaceX Crew-5, Crew-6 и Crew-7. <i>Серебрякова Р.В.</i>	344
К вопросу о влиянии профессионального образования на продолжительность и качество жизни космонавтов. <i>Харламов М.М., Бухтияров И.В., Ушаков И.Б., Бетц К.В. Воронков Ю.И.</i>	346

СЕКЦИЯ 8

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Предложения по формированию цифровой экосистемы подготовки космонавтов в рамках создания Российской орбитальной станции. <i>Харламов М.М., Дубинин В.И., Ковригин С.Н., Леденев А.С.</i>	351
Опыт использования тестовой версии программного обеспечения SimInTech в отделе центрифуг. <i>Гаврик И.Н., Белявцев С.Н.</i>	352
Предложения ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» по решению проблемы импортозамещения при разработке и создании технических средств подготовки космонавтов. <i>Янюшкин В.В.</i>	354
Разработка программы для ЭВМ «Диагностика психофизического состояния космонавтов» и опыт ее использования на 2 этапе послеполетной медицинской реабилитации. <i>Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Ефименко Н.В.</i>	356

СЕКЦИЯ 9
МОЛОДЕЖЬ
ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО
ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

Технологический старт: от обучения к профессии. <i>Акимов А.О., Волощук К.С., Елисеева Т.В., Шишкина Л.Н.</i>	361
Робототехнические соревнования как образовательные технологии подготовки инженерных кадров. <i>Салмина М.А., Сухоцкий В.А., Чирков Д.К., Юдин А.В.</i>	362
Работа с открытыми данными космонавтики в образовательной практике. <i>Насонов Д.С.</i>	364
Разработка новых методов открытия астрономических объектов в Московском дворце пионеров. <i>Денисенко Д.В.</i>	364
Формирование кадрового потенциала космической отрасли на основе реализации сетевого взаимодействия общеобразовательных организаций Российской Федерации. <i>Глухарева Е.В.</i>	365
Развитие педагогических кадров в рамках реализации аэрокосмического компонента в современной школе. <i>Сапарова К.И.</i>	367
Основы патентной работы школьников и студентов в научно-техническом кружке. <i>Екимовская А.А., Лебедев В.В.</i>	369
Проектирование корпуса орбитальной конструкции из сферических сегментов. <i>Екимовская А.А.</i>	371
От устойчивой арки к устойчивому куполу как перспективному стартовому столу для ракет-носителей. <i>Мерзлякин Т.А.</i>	373
Последовательность кулачковых опор для планетохода. <i>Васильева А.А.</i>	375
Рёлоход – новый движитель на неопределенных грунтах планет. <i>Кирнева К.Д.</i>	377
Космический аппарат изменяемой формы для гравитационной стабилизации. <i>Голубев А.М.</i>	379
Особенности применения PR-технологий для повышения престижа профессии космонавт среди молодежи. <i>Демиденко С.Е., Кушваха Х.Н.</i>	381

О создании авиационно-космического направления в рамках деятельности по гражданскому и патриотическому воспитанию молодежи. <i>Демиденко С.Е., Лужбин В.С.</i>	383
Проект «Старт в космос» как условие профориентационной деятельности школьников в аэрокосмической отрасли. <i>Демиденко С.Е., Захарова Д.И., Захарова М.П.</i>	385
Из опыта методической работы применения дистанционных технологий в метапредметной деятельности. <i>Бадалова Е.Н., Гущина К.Н.</i>	387
Образовательные потребности обучающихся в реализации дополнительных образовательных программ (на примере программ космической тематики). <i>Козленкова Е.Н., Волкова А.Н., Еприкян Д.О.</i>	388
Современные тенденции в профориентационной работе с детьми и молодежью. <i>Кубрушко П.Ф., Козленкова Е.Н.</i>	391
Юношеский клуб космонавтики им. Г.С. Титова на орбите жизни. <i>Грачев Г.А., Купорова М.А.</i>	393
Профориентационная работа среди молодежи как важный фактор подготовки высококвалифицированных кадров для ракетно-космической отрасли. <i>Агеев Г.К., Каменев С.И., Корниенко М.Б., Плюхов С.И., Юнусов О.В.</i>	395
Летное училище как первоначальный этап развития и становления космонавта. <i>Лихачева Е.А.</i>	397
Опыт подготовки и участия школьников в региональных и национальных чемпионатах движения WorldSkills в компетенции – инженерия космических систем. <i>Сложеникина О.Ю., Михайлова Н.В., Шуров А.И.</i>	399
Особенности профориентационной работы с различными категориями посетителей по популяризации пилотируемой космонавтики на примере Космического центра ЦПК имени Ю.А. Гагарина. <i>Захаров О.Е.</i>	400
Школьная образовательная система России о мировой пилотируемой космонавтике. Методы образовательного процесса для получения знаний о пилотируемой космонавтике. <i>Прокопец А.А.</i>	402
Программно-методическое обеспечение как стратегический ресурс Космического центра ЦПК. <i>Васильева Г.А.</i>	403
Влияние проекта «Вызов» на популяризацию российской космонавтики. <i>Павленко Н.А.</i>	405

Подписано в печать 08.11.2023. Бум. ксероксная.
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 49,52.
Тираж 80 экз. Зак. 536-23.

Сборник тезисов отпечатан
в типографии редакционно-издательского отдела
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Научно-исследовательский испытательный
центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина»

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
«РОСКОСМОС»**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ
ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ
ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА»**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

СПОНСОР



ПАО «ПРОМСВЯЗЬБАНК»

Научный журнал ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
«Пилотируемые полёты в космос»

ИНДЕКС 78820
(Объединенный каталог «Пресса России»)

ISBN 978-5-9908008-4-7



9 785990 800847