

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

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС

Материалы
XIII Международной
научно-практической конференции
13–15 ноября 2019 года

Звездный городок
2019

УДК 629.78(09)
ББК 39.68
П324

13–15 ноября 2019 года в Звездном городке проводится XIII Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос».

Цели конференции: оценка современного уровня исследований и практических результатов в области создания и применения пилотируемых космических аппаратов, подготовки и профессиональной деятельности операторов аэрокосмических систем; обмен передовым опытом со специалистами в области подготовки и профессиональной деятельности операторов эргатических систем; определение перспектив развития и дальнейшего совершенствования пилотируемых космических аппаратов, технических средств подготовки и профессиональной деятельности операторов аэрокосмических систем; способствование развитию международного сотрудничества.

© Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский испытательный
центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», 2019

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА НА ПОРОГЕ СВОЕГО 60-ЛЕТИЯ

Власов П.Н., Маленченко Ю.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В январе 2020 года исполняется 60 лет уникальному Центру подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. За эти годы была сформирована отечественная система отбора и подготовки космонавтов к полетам на пилотируемых космических аппаратах различного класса. Подготовку в ЦПК имени Ю.А. Гагарина прошли около 600 отечественных и зарубежных космонавтов и астронавтов.

В начале 1960 года для подготовки человека для полета в космос был сформирован Центр подготовки космонавтов. Здесь Юрий Гагарин, вместе со своими товарищами из первого набора Отряда космонавтов, готовился к полету в космос, здесь же он работал после осуществления своего выдающегося полета. Центр подготовки космонавтов по праву носит имя первого космонавта планеты Земля.

В полетах «Востоков» постепенно, шаг за шагом, исследовалось воздействие на организм космонавтов перегрузок и невесомости, длительного пребывания в кабине ограниченного объема. Если первый «Восток», пилотируемый Ю. Гагариным совершил только 1 оборот вокруг Земли, облетев нашу планету за 108 минут, то полет корабля «Восток-5» с космонавтом В. Быковским продолжался уже около 5 суток. За это время корабль 81 раз обогнул Землю.

На корабле «Восток-6» 16 июня 1963 года полет в космос выполнила первая женщина-космонавт Валентина Владимировна Терешкова. На смену кораблю «Восток» в 1963–1964 годах пришел космический корабль «Восход» – первый в мире многоместный пилотируемый космический корабль. Вторая модификация корабля включала в себя системы жизнеобеспечения скафандров «Беркут» для двух космонавтов и шлюзовую камеру. Из корабля «Восход-2» 18 марта 1965 года Алексей Архипович Леонов совершил первый в мире выход в открытый космос.

Пилотируемая космонавтика, воплощая в себе самые передовые достижения мировой науки и техники, развивалась стремительными темпами. В СССР на смену «Восходам» пришли корабли нового поколения – «Союзы», в США корабли «Меркурий» и «Джемини» сменили новые корабли серии «Аполлон». Конец 1960-х начало 1970-х годов ознаменованы многими памятными «космическими» событиями.

За прошедшие 60 лет в ЦПК создана уникальная система отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов, позволяющая готовить

экипажи к выполнению различных задач на орбите: сборке больших конструкций, мониторингу земной поверхности, выполнению медико-биологических экспериментов, научных исследований и экспериментов в интересах других областей науки и экономики.

В результате исследований процессов деятельности экипажей ПКА в ЦПК была создана достаточно эффективная научно-методическая база современной системы отбора и подготовки космонавтов.

Важнейшими принципами системы являются этапность и пролонгированность процессов отбора и подготовки космонавтов, обеспечивающие в итоге гарантированное качество подготовленности экипажей ПКА для безопасного и надежного выполнения космического полета.

Целями деятельности ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» в настоящее время являются:

- организация отбора и подготовки космонавтов (астронавтов), их медицинское освидетельствование, медицинское обеспечение и реабилитация после выполнения космических полетов;
- создание, размещение и модернизация наземных технических средств, применяемых для подготовки космонавтов (астронавтов);
- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике пилотируемой космонавтики;
- обеспечение специальной летной подготовки космонавтов с использованием авиационной техники учреждения;
- пропаганда достижений Российской Федерации в области исследования и использования космического пространства.

Одной из главных особенностей профессиональной подготовки космонавтов и астронавтов является необходимость приобретения первичного «космического» опыта в наземных условиях. Этот опыт они приобретают на наземных тренажерах, на которых моделируются условия деятельности экипажей космических кораблей и станций. Результатами подготовки космонавтов на тренажерах во многом определяется успех космического полета в целом – его эффективность и безопасность.

Уровень развития науки и техники, существующие технологии, научно-технические заделы в части обеспечения профессиональной деятельности космонавтов позволяют уже в ближайшие годы приступить к решению практических задач освоения Луны и дальнего космоса, что потребует дальнейшего совершенствования российской системы подготовки космонавтов.

К основным достижениям Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина за прошедшие 60 лет можно отнести:

- осуществлена подготовка к первому полету человека в космос;

- осуществлена подготовка к полету первой женщины-космонавта;
- создана уникальная отечественная система отбора и подготовки космонавтов для выполнения космических полетов, адаптируемая под перспективные космические программы;
- обеспечено выполнение всех отечественных и совместных пилотируемых космических программ;
- создана система послеполетной реабилитации космонавтов;
- на базе ЦПК в 2011 году создан единый отряд Роскосмоса;
- обеспечивается подготовка космонавтов к крупномасштабной программе научных исследований и экспериментов в космосе;
- созданы и продолжают развиваться уникальные технические средства подготовки космонавтов (комплексные и специализированные тренажеры ПКА, центрифуга, гидролаборатория, самолеты-лаборатории и др.);
- в рамках международного сотрудничества создана многосегментная подготовка экипажей МКС с использованием баз всех международных партнеров;

СЕКЦИЯ 1

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

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

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

День 12 апреля 1961 года стал точкой отсчета эпохи пилотируемых космических полетов. За 58 лет пилотируемая космонавтика прошла гигантский путь от первого полета Ю.А. Гагарина продолжительностью всего в 108 минут до полетов экипажей на Международной космической станции (МКС), находящейся более 20 лет практически в непрерывном пилотируемом режиме.

Пилотируемая космонавтика изначально зарождалась как государственная отрасль. Более 50 лет она находилась в исключительном ведении государств, была символом их мощи и орудием политики. Государственные пилотируемые программы, имеющие важное политическое и социальное значение, несомненно, останутся под контролем государства.

Полеты человека на околоземную орбиту становятся повседневным событием, технология доставки человека на низкую орбиту (200–500 км) достаточно хорошо отработана за 58 лет полетов [1]. Продолжается эксплуатация и развитие Международной космической станции, которая позволила впервые объединить усилия 16 государств с целью освоения космического пространства.

В настоящее время взоры ведущих космических держав уже устремлены в дальний космос. Приоритеты освоения дальнего космоса человеком обсуждаются на государственном и межгосударственном уровнях, крупнейших космических форумах и конференциях. В США, России и других ведущих космических державах идут работы по созданию перспективных пилотируемых транспортных систем, включающих пилотируемые корабли нового поколения, межпланетные буксиры, тяжелые ракеты-носители, разрабатываются перспективные ракетные двигатели (ядерные, электрореактивные и др.). Направления дальнейших стремлений человечества уже ни у кого не вызывают сомнений: Луна, астероиды, Марс. При существующем финансовом положении в мире решать задачи освоения дальнего космоса какому-либо отдельному государству неоправданно тяжело. Программа МКС позволила отработать принципы международного сотрудничества в области освоения космоса, которые необходимо развивать [2].

Впервые в 2012 году осуществлен полет первого частного коммерческого грузового корабля «Dragon» компании SpaceX к МКС, а в 2019 году этой же компанией был запущен пилотируемый корабль (в тестовом, беспилотном варианте), продемонстрировав успешную автоматическую стыковку со станцией [3]. С конца XX – начала XXI века космонавтика стала сферой интере-

сов отдельных частных лиц и компаний. Частный космос может не только приносить большие прибыли владельцам соответствующих средств, но, как и традиционный, государственный, он ведет к созданию новых технологий, а значит, расширению инновационных возможностей общества. Уже сейчас государственные структуры заимствуют отдельные технологии, изделия и продукты, созданные «частниками».

При разработке программ освоения дальнего космоса человечеству придется столкнуться с рядом специфических факторов и опасностей, не свойственных ранее выполнявшимся программам орбитальных полетов. Учет такого рода факторов и опасностей космического полета позволит повысить безопасность и эффективность выполнения космических программ в соответствии с дальнейшими направлениями развития пилотируемой космонавтики.

Литература

[1] М.Б. Корниенко, Ю.В. Лончаков, А.А. Курицын, В.А. Копнин, А.С. Кондратьев, П.П. Долгов, В.С. Коренной, А.П. Гришин. Экспериментальные исследования по оценке выполнения сложной операторской деятельности космонавтом после завершения годового космического полета. Пилотируемые полеты в космос, № 1 (22), 2017. – ISSN 2226-7298.

[2] Борисов В.В. Пилотируемые космические программы – выбор пути. Пилотируемые полеты в космос, № 2 (4), 2012. – ISSN 2226-7298.

[3] <https://hi-news.ru/space/rossiya-bolshe-ne-nuzhna-crew-dragon-uspeshno-pristyko-valsya-k-mks-chto-dalshe.html>.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОСМОНАВТА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С АНТРОПОМОРФНЫМ РОБОТОМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ В КОПИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ

Сорокин В.Г.

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

Сущность профессионального взаимодействия космонавта с антропоморфным роботом космического назначения (АР КН) в копирующем режиме заключается в воздействии на процесс функционирования робота применением задающего устройства копирующего типа (ЗУКТ) с дистанционным управлением, надеваемого на космонавта. Использование ЗУКТ обеспечивает выполнение точных и надежных манипуляций, приближающихся к моторике естественных движений рук и пальцев человека. Анализ практической деятельности космонавта при управлении в копирующем режиме манипуляторами и захватами АР КН, позволяет сделать следующий вывод: профессио-

нальное взаимодействие космонавта и АР КН характеризуется определенным алгоритмом – от получения задачи и принятия решения на выполнение действия человеком до исполнения этого решения роботом при непосредственном управлении им космонавтом.

Этот алгоритм может складываться из нескольких этапов деятельности космонавта в виде последовательности информационных процессов, определенных ГОСТ Р 43.0.4-2009: прием информации; сбор информации; переработка информации; отбор информации; анализ и создание новой информации; поиск информации; предъявление информации; использование информации; передача информации; восприятие информации; хранение, запоминание и передача информации.

Первый этап «Прием информации». На первом этапе космонавтом осуществляется прием информации в виде исходных данных (ИД). ИД могут быть получены, например, из детального плана полета (ДПП), формируемого на каждые сутки полета на основе плана полета (ПП).

Второй этап «Сбор информации». На втором этапе космонавтом осуществляется сбор информации в соответствии с информацией, полученной в виде ИД. Сборная информация (СИ) может содержаться в ДПП.

Третий этап «Переработка информации». На третьем этапе космонавтом осуществляется переработка СИ, в результате чего формируется переработанная информация (ПИ).

Четвертый этап «Отбор информации». На четвертом этапе космонавтом осуществляется отбор информации, необходимой для решения задачи выполнения конкретной операции (Оп). Отборная информация (ОИ) формируется из ПИ и из бортового детального плана полета (БДПП), формируемого на основе ДПП, а также по результатам оценки рабочего пространства с использованием стереоизображений.

Пятый этап «Анализ и создание новой информации». На пятом этапе космонавтом осуществляется анализ и синтез ОИ, в результате чего формируется новая информация (НИ).

Шестой этап «Поиск информации». На шестом этапе космонавтом осуществляется поиск дополнительной информации (ДИ) с учетом ОИ. ДИ может быть получена, например, из БДПП, а также по результатам оценки рабочей зоны с использованием стереоизображений.

Седьмой этап «Предъявление информации». На седьмом этапе космонавтом осуществляется переработка НИ и ДИ применительно к структуре задачи и условиям окружающей среды, в соответствии с алгоритмом и процессом его реализации в информационном объеме рабочего пространства и рабочей зоны, в результате чего формируется предъявленная информация (ПИ),

необходимая для принятия решения космонавтом для выполнения действий (или Оп).

Восьмой этап «Использование информации». На восьмом этапе космонавт, используя информацию в виде сформированного решения для выполнения действий (или Оп) создает умственную модель индивидуальной деятельности (УМИД) по управлению АР КН для решения поставленной задачи.

Девятый этап «Передача информации». На девятом этапе космонавт, передавая информацию в виде УМИД, преобразованную в движения на экзоскелет, приводит, в свою очередь, в движение кинематическую систему АР КН для воздействия на определенные объекты с целью достижения желаемого результата процесса этой деятельности.

Десятый этап «Восприятие информации». На десятом этапе космонавтом осуществляется восприятие информации для контроля над реализацией принятого решения. Воспринимаемая информация (ВИ) направлена на проверку правильности выполнения действий (Оп), определенных решением.

Одиннадцатый этап «Хранение, запоминание и передача информации». На одиннадцатом этапе космонавтом выполняется сохранение, запоминание и передача информации о результатах реализации принятого решения в экспертную систему поддержки принятия решения по выбору эффективных вариантов взаимодействия космонавта с АР КН. Кроме того, передача информации осуществляется заинтересованным потребителям с целью проверки качества выполненных действий (Оп) и формирования оценки достигнутого результата функционирования.

**РАЗРАБОТКА ТИПОВЫХ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С АНТРОПОМОРФНОЙ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ
В ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОМ КОПИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ**

Сорокин В.Г.

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

Разработка типовых программы и методики проведения экспериментальных исследований (ЭИ) с антропоморфной робототехнической системой космического назначения (АРТС КН) в телеуправляемом копирующем режиме для поддержки деятельности космонавтов может быть достигнута решением следующих задач: определение состава операций космонавтов для моделирования выполнения этих операций с АРТС КН; разработка проектов типовых

программы и методики; проведение их экспериментальной отработки; формулирование предложений по их применению.

В результате анализа выполнения ВКД и ВнуКД и с учетом возможностей наземного прототипа АРТС КН (технологического макета), определен состав операций для моделирования их выполнения в процессе ЭИ. На основе разработанной эвристической (факторной) модели эргатической системы (ЭС) «космонавт – АРТС КН – среда» и сформулированных факторов, показателей и критериев оценивания сформированы проекты типовой программы и методики проведения ЭИ с учетом взаимодействия космонавта с АРТС КН в телеуправляемом копирующем режиме. Для экспертного оценивания факторов разработаны типовые формы для каждого эксперта и каждого эксперимента.

Проведена экспериментальная отработка проектов типовых программы и методики экспериментальных исследований на УКС РТС по взаимодействию оператора с АРТС КН в телеуправляемом копирующем режиме с привлечением космонавтов-испытателей и инструкторов Центра.

Результатами экспериментальных исследований подтверждена правильность выбора всех положений разработанных проектов программы и методики, а также оцениваемых показателей, измерительных процедур и оценивания показателей.

В процессе выполнения операций операторами АРТС КН был выявлен ряд недостатков, которые были классифицированы: по удобству работы с ЗУКТ; по удобству работы в шлеме виртуальной реальности; по зрительным ощущениям; по силомоментным ощущениям; по эффекту присутствия в рабочей среде; по ощущению напряженности при выполнении заданий. Это обстоятельство позволило предположить, что устранение выявленных недостатков позволит полностью устранить неудовлетворительные и повысить положительные субъективные ощущения. Определена не только возможность оценки и анализа субъективных ощущений операторами при управлении АРТС КН, но и создан инструмент для планирования направлений исследований для ее совершенствования. Это позволяет использовать разработанные проекты типовых программы и методики в качестве общих документов при формировании частных программ и методик для отработки широкого круга исследовательских вопросов; для обоснования эргономических требований к ЭС «космонавт – РТС КН – среда» и ее составных частей и для проведения эргономической экспертизы; для разработки методик выполнения целевых операций с помощью РТС КН, функционирующих в автоматическом и автоматизированном режимах, и в полуавтоматическом, диалого-редактирующем, диалого-управляющем режимах взаимодействия космонавта с РТС КН. Кроме того, определена целесообразность применения их для разработки методик

подготовки космонавтов (наземных операторов) и для практического сопровождения научных и экспериментальных исследований.

Ценность проведенной работы заключается в том, что в результате нее возможно в короткие сроки создать типовые программу и методику проведения ЭИ с АРТС КН в телеуправляемом копирующем режиме для поддержки деятельности космонавтов. Эта необходимость вызвана тем, что в настоящее время только в результате проведения экспериментальных исследований с использованием антропоморфных роботов могут быть обоснованы требования к характеристикам ЭС «космонавт – АРТС КН – среда», определен порядок оценки операторской деятельности космонавтов при использовании АРТС КН, разработаны предложения по функциональности данной ЭС и уточнены способы ее применения в интересах повышения эффективности эксплуатации существующих и перспективных ПМК.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ДОСТИЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

**Сергеев А.В., Гук М.Ю., Даляев И.Ю.
(ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург)**

В последние несколько лет получили широкое распространение устройства виртуальной реальности. Это произошло благодаря современным легким и компактным жидкокристаллическим дисплеям, которые обеспечивают высокое качество изображения для каждого глаза, что создает эффект погружения в виртуальный мир.

Использование устройств виртуальной реальности для музея робототехники позволяет обойтись без создания реальных образцов и полигонов для их демонстрации. При этом могут имитироваться условия, которые невозможно воспроизвести в земных условиях. Пользователь погружается в виртуальное пространство, с которым он может взаимодействовать естественным образом [1]. Благодаря тому, что виртуальная среда копирует только часть реальности и ее физических законов, это позволяет дать пользователю сверхвозможности, не доступные ему в реальном мире, что существенно повысит его активность и восприятие информации.

В ЦНИИ РТК виртуальный музей робототехники создан на базе шлема виртуальной реальности Oculus Rift с ручками Touch, что позволяет отображать в виртуальной реальности кисти рук пользователя и организовывать интерактивное взаимодействие естественным для человека образом.

В экспозиции музея представлен проектный облик прототипа лунохода «Луноход-РТК», который создается в рамках совместного Российско-Германского космического эксперимента «Контур-3».

Программа виртуального музея позволяет посетителю самостоятельно перемещаться в виртуальном пространстве в любом направлении и проходить сквозь объекты. Таким образом посетитель может самостоятельно выбрать точку наблюдения демонстрируемой ему информации.

Посетитель может управлять роботом в ручном или супервизорном режиме управления. В ручном режиме посетитель может взять в руку виртуальный указатель и, меняя его положение, задавать требуемое положение манипулятора робота. В супервизорном режиме робот движется по заранее созданной траектории, а посетитель музея контролирует правильность и безопасность выполнения.

В перспективе широкое распространение устройств виртуальной реальности позволит использовать эту технологию для дистанционного обучения, когда пользователи смогут изучать робототехнику в едином виртуальном пространстве, подключаясь дистанционно посредством сети Интернет.



Рис. 1. Предварительный проектный облик «Луноход-РТК» на имитаторе перелетно-посадочной платформы

Работа выполнена в рамках государственного задания министерства науки и высшего образования российской федерации №075-00924-19-01

Литература

[1] С.Ф. Сергеев Инженерная психология и эргономика: Учебное пособие. М.: НИИ школьных технологий, 2008 – С. 111–115.

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ

Меденков А.А., Дворников М.В.

(Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики) Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва)

Учет человеческого фактора в интересах обеспечения безопасности космических полетов и реализации отечественной стратегии космической деятельности предполагает эффективное функционирование системы эргономического обеспечения создания и эксплуатации космической техники, оптимизации средств, алгоритмов и условий профессиональной деятельности космонавтов, формирования и поддержания их работоспособности и психофизиологической надежности в полете, а также продления профессионального долголетия [1].

Организационные и методологические основы создания и функционирования такой системы были разработаны под руководством основоположника отечественной авиакосмической эргономики Г.М. Зараковского [2] при активном участии специалистов учреждений и организаций авиакосмической отрасли, в том числе научного управления Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина [3]. Эргономическое сопровождение создания и эксплуатации ряда объектов авиакосмической техники показало ее эффективность в плане повышения психофизиологической надежности деятельности человека и безопасности полетов.

В современных условиях функционирования экономики и финансово-экономической деятельности предприятий отрасли системность и комплексность эргономического сопровождения создания и эксплуатации авиакосмической техники в необходимой мере не обеспечивается. В связи с этим необходимость решения задачи государственной важности – повышения эффективности космических исследований и обеспечения безопасности космической деятельности – повышает ответственность за использование ранее

накопленного опыта учета психофизиологических возможностей, характеристик и условий работы космонавтов для обеспечения профессиональной надежности их деятельности и продление профессионального долголетия [4].

Это означает необходимость планирования и осуществления комплекса следующих исследований и разработок [5].

Прежде всего, это психофизиологический анализ структуры и содержания профессиональной деятельности космонавтов в аспекте ожидаемых условий и обстоятельств выполнения межпланетных экспедиций. Его основу должны составить материалы обобщения, систематизации и анализа изменений функционирования организма в условиях невесомости, особенностей, специфики, трудностей, проблем и ошибочных действий при выполнении операторской деятельности в условиях невесомости, перерывах в поддержании навыков управления, оценки обстановки и принятия решения.

Результаты психофизиологического анализа деятельности используются в целях эргономической оптимизации средств, алгоритмов работы и условий труда космонавтов, а также системы отбора, подготовки, оценки функционального состояния, сохранения работоспособности и продления профессионального долголетия. Проведением этих работ должны заниматься специалисты в области психофизиологического анализа деятельности, инженерной психологии и эргономики в рамках специально поставленных научно-исследовательских работ.

Результаты психофизиологического анализа и эргономических исследований используются в следующих направлениях. Прежде всего, это обоснование разделов в технические задания на разработку алгоритмов, средств и условий труда космонавтов при создании и модернизации космической техники. Это означает, что у заказчика и исполнителей этих работ должны быть соответствующие подразделения и специалисты, отвечающие не только за включение в технические задания разделов эргономических требований, но и за сопровождение и контроль их выполнения на этапах эскизно-технического проектирования и эксплуатации изделий. Сложность проведения эргономических работ трудно переоценить, поскольку они требуют не только квалифицированных исполнителей, но и соответствующего оборудования, стендов, аппаратуры и программного обеспечения, моделей прогноза, оценки и оптимизации. Материалы эргономической экспертизы как раздела программы испытаний образцов техники, изделий и аппаратуры подлежат использованию при разработке направлений и содержания подготовки космонавтов с тем, чтобы на конструктивные особенности техники, алгоритмы и средства, способные стать причиной ошибочных действий космонавтов, обращалось внимание, как в инструкциях, так и в процессе тренировки и

подготовки. Возрастает значение эргономических исследований на этапах разработки и модернизации средств защиты и обеспечения деятельности космонавтов.

Особо важной представляется оценка прогнозной достоверности методов и показателей медицинского, психологического и профессионального отбора космонавтов. При этом представляется возможным определить связь психологических качеств личности космонавта не только с эффективностью подготовки, но и с карьерным ростом, состоянием здоровья и профессиональным долголетием. При этом актуальным становится определение лидерских качеств, необходимых для выполнения функций командира экипажа или межпланетной экспедиции.

Результатом эргономического сопровождения и психофизиологического анализа профессиональной деятельности космонавтов является обоснование показателей и критериев оценки готовности космонавта к выполнению полетного задания и определение требований к стендам, тренажерам и оборудованию, используемым для подготовки и, в том числе, повышения устойчивости организма к действию факторов космического полета. Формирование психологических, физиологических и функциональных данных на основе обобщения, систематизации, анализа и оценки ресурсов и резервов организма и их изменений на протяжении всей профессиональной деятельности космонавта может способствовать целенаправленной коррекции и реабилитации в процессе и после полета, особенно, большой продолжительности. Индивидуальные показатели состояния организма космонавта подлежат также учету, как при организации, так и при оценке эффективности санаторно-курортного лечения и восстановления после полетов [6].

Изложенное выше свидетельствует, что учет психофизиологических характеристик и возможностей космонавта в целях обеспечения его работоспособности, профессиональной надежности и продления профессионального долголетия должен строиться не на отдельных рекомендациях и предложениях, методах и способах поддержания работоспособности космонавтов, а на функционировании целостной системы инженерно-психологического и эргономического проектирования средств и алгоритмов работы космонавтов, их социально-психологического, медико-биологического и психофизиологического обеспечения.

Литература

[1] А.А. Меденков. Учет человеческого фактора в интересах повышения эффективности деятельности космонавтов // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2012. – № 4. – С. 44–48.

[2] Г.М. Зараковский. Дизайн, эргономика и качество жизни населения России / Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Вып. 4. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. – С. 45–72.

[3] А.А. Меденков. Психофизиологический анализ – методологическая основа развития психологии и эргономики // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2017. – № 3. – С. 23–27.

[4] М.А. Кибабшина, А.А. Меденков, Н.Л. Фетисова. Эргономические проблемы обеспечения межпланетных полетов // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2012. – № 4. – С. 62–66.

[5] М.В. Дворников, А.А. Меденков, Т.Б. Нестерович. Инфраструктура эргономического обеспечения профессиональной деятельности // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2017. – № 3. – С. 40–44.

[6] В.М. Баранов, А.А. Меденков, Т.Б. Нестерович. Восстановление функционального состояния после космических полетов // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2017. – № 3/2. – С. 52–62.

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КОСМОНАВТ – КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА – ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СРЕДА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ», ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

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

Оценка эффективности эргономических свойств эргатической системы (ЭС) «космонавт (К) – космическая техника (КТ) – профессиональная среда деятельности (ПСД)» осуществляется в ее испытаниях и анализе с точки зрения человеческого фактора (ЧФ), которая заключается в определении уровня соответствия системы эргономическим требованиям. Данные требования зафиксированы в инженерно-психологических и эргономических стандартах [1].

Человек является первым и важнейшим элементом ЭС и имеет свои особенности как в приеме, обработке и хранении информации, так и в реализации конкретных исполнительных и управляющих действий. Знание свойств человека, его недостатков и преимуществ позволяет грамотно спроектировать ЭС «К – КТ – ПСД», сделать ее эффективной и надежной. Человек, прежде всего, характеризуется высокими способностями к адаптации при решении сенсорных, чувственно-эмоциональных и логико-понятийных задач. Человек как информационно-управляющая система, превосходит все существующие системы по возможностям параллельной обработки информации и способности решать задачи методом логической индукции. Вместе с тем, человек как приемник и передатчик информации представляет собой не очень совершенное

устройство. Он обладает узким диапазоном восприятия посредством сенсорных систем, низкой пропускной способностью, которая легко исчерпывается при приеме и при передаче информации. Моторные возможности человека обладают невысоким быстродействием, его силовые возможности ограничены. Поэтому, создание эффективной ЭС «К – КТ – ПСД» заключается в поиске оптимального сочетания возможностей космонавта и космической техники.

Исходя из особенностей человека, на космонавта целесообразно возлагать следующие функции: распознавание ситуации в целом по ее многим сложно связанным и зачастую неполным характеристикам; обобщения отдельных фактов в единую систему; решение задач, в которых отсутствует единый алгоритм; решения задач, появление которых заранее трудно предвидеть; решение задач с высокой ответственностью. Технической составляющей следует поручать: выполнение всех видов математических расчетов; выполнение постоянно повторяющихся операций; хранение и динамическое представление больших объемов информации; решение задач, требующих дедуктивного вывода; выполнение действий, требующих высокой скорости реакции на команду [2].

Положение и роль человека в системе получили название «человеческий фактор». ЧФ представляет собой интегральный показатель связи К, КТ и ПСД, проявляющиеся при деятельности человека в единой ЭС. ЧФ включает в себя систему взаимосвязанных между собой потенциалов: социальный, интеллектуальный, психологический, нравственный, физический. Эргономика, используя идеи системного подхода, ЧФ рассматривает как единую структуру психических образований и профессионально важных качеств (ПВК), реализуемых оператором в профессиональной деятельности. ПВК могут быть найдены на основе предварительного анализа задач системы, функций человека в ней, отличительных черт его деятельности и условий в которых она происходит. В результате такого анализа определяется номенклатура ПВК, учет которых необходим в целях создания благоприятных условий для деятельности космонавта и эффективного функционирования ЭС «К – КТ – ПСД».

Положение КТ в системе определяет понятие «технические факторы». Они зависят от характеристик образца КТ и представляют собой интегральные показатели связи с человеком, задачами деятельности и среды. Характеристики среды определяют понятие «факторы среды». В данном случае они определяются характеристиками ПСД, влияющей на человека, его деятельность и функционирование КТ. Эффективность функционирования системы в целом зависит от учета взаимного влияния вышеперечисленных факторов и от соблюдения эргономических требований к характеристикам ЭС «К – КТ – ПСД».

Учет влияния человеческих факторов возможно на основе отбора и подготовки человека, способного наилучшим образом взаимодействовать с КТ в

условиях воздействия факторов среды. Учет влияния технических факторов достигается на основе создания системы, учитывающей возможности и особенности человека, а также приспособленной к эффективному функционированию в космическом полете. Учет влияния факторов среды обеспечивается за счет создания условий, необходимых для успешного осуществления профессиональной деятельности космонавтов, а также за счет отбора и подготовки человека, способного реализовать эффективное функционирование ЭС «К – КТ – ПСД».

Литература

[1] ГОСТ РВ 29.00.003-96. Номенклатура, порядок и методы обоснования эргономических требований.

[2] Сергеев С.Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред: Учебное пособие. – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011.

СТЫКОВОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Уразбахтин Р.Р.
(ФГБОУ ВО «УГАТУ», г. Уфа)

Важную роль в освоении космоса представляет процесс стыковки космических аппаратов (КА). На сегодняшний день актуально снижение массогабаритных показателей стыковочных устройств, повышение их быстродействия. Поэтому авторами работы предлагается оригинальная конструкция стыковочного устройства для КА (рисунок), позволяющая повысить быстродействие и снизить массогабаритные показатели стыковочных устройств [1].

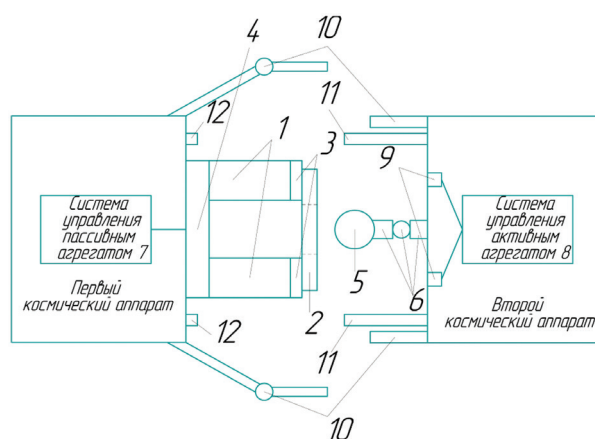


Рис. Стыковочное устройство для космических аппаратов

Сейчас известны стыковочные устройства типа «штырь-конус», стыковочные устройства, периферийный стыковочный механизм и стыковочный механизм с шарико-винтовым преобразователем [2]. Основными недостатками стыковочных устройств являются невысокое быстродействие и высокие массогабаритные показатели, обусловленные многокомпонентностью и сложной конструкцией стыковочных устройств.

Предлагаемое стыковочное устройство для КА работает следующим образом. При приближении второго КА к первому КА подается сигнал от датчиков сближения (ДС) КА 9 на систему управления активного агрегата (СУАА) 8, а СУАА 8 подает сигнал о сближении системе управления пассивного агрегата (СУПА) 7. От СУПА 7 подается сигнал на электромагниты статора (ЭС) 1. Формируется магнитное поле статора пассивного агрегата (ПА). Постоянный кольцевой магнит (ПКМ) 2 обеспечивает постоянную составляющую магнитного поля статора ПА. Далее магнитное поле статора ПА формируется таким образом, чтобы постоянный сферический магнит (ПСМ) 5 принял положение строго напротив отверстия в ПКМ 2, что обеспечивается за счет шарнирного соединения ПСМ 5 со вторым КА посредством крепления для ПСМ ко второму КА 6. Необходимое положение ПСМ 5 относительно ПКМ 2 достигается за счет перемещения ротора активного агрегата (АА) относительно статора ПА. Перемещение ротора АА относительно статора ПА достигается за счет взаимодействия магнитных полей статора ПА и ПСМ. Магнитное поле статора ПА формируется в зависимости от того, какое перемещение ротора АА необходимо совершить для того, чтобы ПСМ 5 принял необходимое положение относительно ПКМ 2. После принятия ПСМ 5 необходимого положения относительно статора ПА происходит выравнивание второго КА, при котором положение ПСМ 5 остается неизменным. Положение второго КА относительно первого КА обеспечивается таким образом, что части защелок 10, находящиеся на первом и втором КА, располагаются напротив друг друга. После того, как ПСМ 5 принял необходимое положение относительно ПКМ 2, магнитное поле статора ПА формируется таким образом, что ротор АА со вторым КА подтягивается к статору ПА и первому КА. При этом ПСМ 5 и крепление для ПСМ ко второму КА 6 проходят через отверстие в ПКМ 2 в свободное пространство между тремя ЭС 1. При этом СУАА 8 посредством ДС КА 9 отслеживает расстояние между первым и вторым КА. Когда СУАА 8 фиксирует расстояние, необходимое для окончательного выполнения стыковки первого и второго КА, СУАА 8 подает сигнал на СУПА 7. После этого СУПА 7 подает сигнал на ЭС. Магнитное поле статора ПА при этом формируется таким образом, что второй КА с АА стыковочного устройства для КА тормозится относительно статора ПА стыковочного устройства для КА и второго

КА. После того, как достигнута остановка второго КА относительно первого КА, магнитное поле статора ПА формируется таким образом, что ПСМ 5 фиксируется в определенном положении относительно ЭС 1 и ПКМ 2. После этого СУПА 7 подает сигнал на защелки 10. В результате защелки 10 срабатывают и осуществляется окончательная фиксация второго КА относительно первого КА. После того, как второй КА зафиксирован посредством защелок 10 относительно первого КА, СУПА 7 перестает подавать сигнал на ЭС 1. Амортизаторы 11 при стыковке второго КА с первым КА демпфируют удар, происходящий во время стыковки. Амортизаторы 11 при завершении стыковки упираются в приемную часть амортизаторов 12.

В дальнейшем для подтверждения эффективности предлагаемого стыковочного будут проводиться теоретические и экспериментальные исследования.

Литература

- [1] Сыромятников, В.С. Стыковочные устройства космических аппаратов / В.С. Сыромятников. – Машиностроение, 1984. – 215 с.
- [2] Пат. 190233 Российская Федерация, МПК В64G 1/64. Стыковочное устройство для космических аппаратов / Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Уразбахтин Р.Р.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «УГАТУ». – № 2018139183; заявл. 06.11.18; опубл. 24.06.19, Бюл. № 18.

СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕЖПЛАНЕТНОГО ПИЛОТИРУЕМОГО АППАРАТА

Курмазенко Э.А., Кочетков А.А., Прошкин В.Ю.

(АО «НИИхиммаш», г. Москва)

Кирюшин О.В.

(АО «ЦНИИмаш», г. Королев)

Ведищев А.С.

(МАИ (НИУ), г. Москва)

Проблема создания интегрированной системы жизнеобеспечения (ИСЖО), предназначенной для экипажа межпланетных пилотируемых аппаратов (МПА), как абиотической части космической эколого-технической системы (ЭТС) может быть сформулирована в форме исходной задачи синтеза ее технологической структуры [1]:

«Синтезировать технологическую структуру $|S|(\{|X_i\}_j) \in S_{con}$ с законом функционирования $\bar{S}(\{\bar{X}_i\}_j)$, соответствующим цели ЭТС МПА (системы $C(|C|, \bar{C}, \underline{C})$) и требованиям информационного описания в присутствии внешней среды с заданными свойствами (системы $E(|E|, \bar{E}, \underline{E})$) на дискретном множестве элементарных структур $\{|X_i\}$ с закономерностями функциониро-

вания $\{\bar{X}_i\}$, обеспечивающими проведение процессов преобразования продуктов метаболизма экипажа в исходные компоненты среды обитания, в соответствии с целью ЭТС МПА – $\underline{C}$ с эффективностью $v_0 = \min_{S \in S_{con}} v(u, S, E)$ ».

Основные недостатки применяемых в настоящее время формальных функциональных показателей эффективности [2]:

- показатель вычислим, но физически неизмерим, так как вычисления требуют определенных допущений, которые не всегда могут быть корректно обоснованы;

- показатель эффективности и параметры системы входят в различные функциональные пространства, поэтому переход к описанию системы требует установления связи между этими пространствами;

- для многоцелевых систем сформировать показатель эффективности сложно: необходимо решить, какая его компонента обладает большей значимостью.

Более перспективным является формирование модели эффективности на основе физически измеримого показателя эффективности, непосредственно связанного с параметрами технических систем, от которого легко перейти к любому локальному функциональному показателю. Данный критерий должен быть основан на первичных категориях материи: «вещество», «энергия», «информация».

В докладе рассмотрена возможность создания модели эффективности, основанной на физически измеряемом энергетическом критерии и дополнительных показателях эффективности, учитывающих свойства входящих в интегрированную систему жизнеобеспечения отдельных систем и функциональных блоков.

По сравнению с оценками эффективности, проведенными на модели с использованием функционального показателя «эквивалентная масса системы», данный подход основан на применении энергетического критерия «целевая функция термомассовой оптимизации» [3], являющегося физически измеримым и неформально введенным показателем.

Литература

[1] Курмазенко Э.А., Кочетков А.А., Прошкин В.Ю., Кирюшин О.В., Пушкарь О.Д. Принципы выбора перспективных технологий для интегрированной системы жизнеобеспечения межпланетного пилотируемого корабля // Труды МАИ. – 2017. – № 93. – С. 1–21. – Электронный ресурс, создан 28.04.2017 г. – <http://www.trudymai.ru/published.php?ID=80262>

[2] Surdyk R.J., Morrow R.C., Wetzel J.P. Life Support Multidimensional Assessment Criteria // 47th International Conference on Environmental Systems (Charleston, South Carolina, USA). July 16–20, 2017. – ICES Publication. ICES-2017-306. – P. 1–9.

[3] Kurmazenko E., Korobkov A., Tsygankov A., Kochetkov A. Exergy Approach to Evaluating the Effectiveness of Regenerative Life – Support Systems // 66th International Astronautical Congress 2015 (Jerusalem, Israel). October 12–16, 2015. – Paper IAC-15.A1.7.2. – P. 1–7.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРИКЛАДНОЙ КОСМОНАВТИКИ

Куликов И.Н.

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

В настоящее время существует несколько направлений развития ракетно-космической отрасли Российской Федерации, объективно требующих внедрения лазерных технологий (ЛТ). Об этом, так или иначе, свидетельствует проведение ряда отечественных исследований, а также результаты аналогичных зарубежных научных работ [1][2][3][4]. Разработка отдельных тематических направлений использования лазерных технологий в сфере космической деятельности являлась предметом многолетней практики специалистов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», в результате чего был создан весомый научно-технический задел.

Особой областью гражданского применения ЛТ является лазерное сканирование (ЛС), как наиболее эффективный инновационный метод получения точной, полной, достоверной и актуальной информации о пространственно-техническом состоянии распределенных инженерных объектов, к которым относится и Международная космическая станция (МКС). Хотя технологии наземного, воздушного и мобильного лазерного сканирования (НЛС, ВЛС, МЛС) нашли широчайшую реализацию в строительстве (инженерные изыскания, проектирование, строительный контроль и пр.), при организации топографо-геодезического обеспечения, а также стали прикладной основой многих систем дистанционного мониторинга сложных инфраструктурных объектов, в сфере космонавтики они пока не получили должного распространения.

Целью данного доклада является описание границ и формулирование прикладной ценности такой важной области ЛТ, каковой является «космическое лазерное сканирование». Его внедрение в качестве базовой платформы формирования локальных пространственных моделей орбитальных космических объектов и создания единого глобального цифрового пространства, должно стать основой последующего развития и транслирования данной технологии в области картографирования Лунной и Марсианской поверхности, проектирования и контроля строительства многомодульных орбитальных станций, космической безопасности, навигации и др.

Литература

- [1] Медведев Е.М. Лазерная локация земли и леса: Учебное пособие / Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Геоскосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 230 с.
- [2] Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович и др. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.
- [3] Комиссаров А.В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Новосибирск – «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ), 2015. – 278 с.
- [4] А. Ульрих. Информационное наполнение облака точек при воздушном лазерном сканировании – 24.07.2015 (<http://geomatice.ru/clauses/188/>).

О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МАССЫ КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ОСВЕЩЕНИЯ РАСТЕНИЙ

**Очков О.А., Беркович Ю.А., Буряк А.А.
(ФГБУН ГНЦ РФ ИМБП РАН, г. Москва)**

Для технической реализации системы адаптивной оптимизации посевов растений в космической оранжерее (КО) требуется, чтобы критерий (цель оптимизации) и параметры (средства оптимизации) были измеряемыми количественно величинами и могли бы измеряться неинвазивными методами в процессе выращивания посевов. Мы предложили взять в качестве текущего критерия оптимизации минимизацию удельной величины части эквивалентной массы системы (ЭМС) для производства единицы биомассы посева, которая зависит от режима освещения растений. Чем меньше ЭМС, тем дешевле ее доставка и эксплуатация на борту космического аппарата. Текущее значение такого критерия в момент t_i можно записать в виде:

$$\text{Min } G(t_i) = \min[K_1 / \Phi(I(t_i)) + K_2 / \eta(t_i)] \quad (1)$$

Здесь K_1 и K_2 – коэффициенты стоимости эквивалентной массы единицы посадочной площади в КО и единицы потребляемой КО электрической мощности, в кг/м² и кг/кВт, соответственно, I – средняя плотность потока ФАР, поданная на посев за период времени синтеза биомассы M , η – коэффициент эффективности использования света на продукционный процесс в посеве [1]. Для оценок в текущий момент времени можно считать, что $\eta = M/I = b \cdot \Phi/I$, где b – константа, Φ – скорость видимого фотосинтеза.

Коэффициенты стоимости K_1 и K_2 в выражении (1) существенно зависят как от конструкции космического аппарата, в котором установлена оранже-

рея, так и от особенностей выполняемой им космической экспедиции – длительности, программы работы, числа членов экипажа и т.д. Примеры оценок стоимости бортовых ресурсов в единицах приведенной массы применительно к некоторым конкретным космическим миссиям можно найти, в частности, в работах [2, 3, 4, 5]. Мы рассчитали по этим литературным данным оценки эквивалентной массы для объема и мощности электропотребления и коэффициенты стоимости K_1 и K_2 в уравнении (1) для 4-х сценариев космических экспедиций из упомянутых американских работ:

1. полет МКС на низкой околоземной орбите при длительности функционирования более 10 лет, численности экипажа 6 чел (в среднем), с ротацией раз в 90 дней и 2-мя сеансами внекорабельной деятельности в месяц;

2. высадка экипажа из 4-х человек на лунной базе длительного пользования при давлении газа внутри помещения в 1 атм., при температуре около 20 °С, с использованием внешней защиты жилища из слоя реголита и при комбинированном освещении растений солнечным и искусственным светом в течение лунного дня на уровне ППФ около 500 мкмоль/(м²·с) и ночью – от искусственных источников света с пониженной ППФ;

3. транзитная марсианская пилотируемая экспедиция длительностью около года с использованием солнечных электробатарей в качестве энергосиловой установки;

4. марсианская экспедиция посещения длительностью около 20 месяцев с пребыванием на поверхности планеты, при использовании ядерного источника энергии мощностью 100 кВт наряду с заведением солнечного света для освещения растений.

Вклад в величину приведенной массы КО стоимости потребляемой в КО энергии (с учетом энергии на охлаждение) для всех рассматриваемых сценариев космических экспедиций оказывается существенно больше, чем стоимость единицы объема или приблизительно пропорциональной ей единицы посевной площади в КО. В результате оптимизации освещения посева китайской капусты с 14 по 24 день вегетации по критерию минимума эквивалентной массы для экспедиции на лунной базе привела к экономии эквивалентной массы КО на 14,9 %. Эффект экономии ЭМС рассчитывали по следующим формулам:

$$\text{Max}(G_k - G_o)/G_k \quad (3)$$

$$\text{Здесь: } G_o = K_1 / M_o + K_2 (1/T) \int_0^T I_{opt}(X1, X2) \cdot dt / M_o, \quad (4)$$

где M_0 – масса (кг) урожая капусты в пересчете на m^2 посева, полученная с использованием адаптивной системы оптимизации освещения (опытный вариант), $I_{opt}(t)$ – траектория дрейфа оптимальных значений интегральной плотности потока фотонов ($X1, X2$) от СД-светильника с разработанной нами поисковой системой в процессе вегетации посева, $T=24$ сут. – время товарной вегетации посева, величина $\left[\left(\frac{1}{T}\right) \int_0^T I_{opt} \cdot dt\right]$ – это средняя мощность потребляемой энергии светового потока (в кВт) за вегетацию; K_1 и K_2 – коэффициенты стоимости эквивалентной массы единицы посадочной площади в КО и единицы потребляемой КО электрической мощности в уравнении (1), в $кг/м^2$ и $кг/кВт$;

$$G_k = K_1 / M_k + K_2 \cdot I_k(X1, X2) / M_k \quad (5)$$

где M_k – масса (кг) урожая капусты в пересчете на m^2 посева, полученная в контрольном опыте за 24 дня вегетации.

Метод пригоден для оптимизации работы системы освещения в КО для сценариев других пилотируемых космических экспедиций.

Литература

- [1] Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы // Новосибирск. Изд-во СО РАН. – 2000.
- [2] Drysdale A., Bugbee B. Optimizing a plant habitat for space: a novel approach to plant growth on the moon. – SAE Technical Paper, 2003. – №. 2003-01-2360.
- [3] Hanford A., Ewert M., Henninger D. Advanced life support baseline values and assumptions document. NASA JSC 47804. – CTSD-ADV-484, 2002.
- [4] Drysdale A., Maxwell S., Ewert M., Hanford A. Systems analysis of life support for long-duration missions. – SAE Technical Paper, 2000. – №. 2000-01-2394.
- [5] Maxwell S., Drysdale A.E. Assessment of Waste Processing Technologies for 3 Missions. – SAE Technical Paper, 2001. – №. 2001-01-2365.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Гордиенко О.С., Долгов П.П., Кальмин А.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В соответствии с указанием Госкорпорации «Роскосмос», в целях оценки результативности и совершенствования деятельности научных подразделений ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (далее – Центр), выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические рабо-

ты гражданского назначения, была разработана методика оценки результативности деятельности научных подразделений Центра, выполняющих данные работы [1].

Оценивание результативности деятельности научных подразделений Центра, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения проводится по следующим основным направлениям:

- результативность и востребованность научных исследований;
- развитие кадрового потенциала;
- интеграция в мировое научное пространство, распространение научных знаний и повышение престижа науки;
- ресурсное обеспечение деятельности научного подразделения.

Каждое из перечисленных направлений включает в себя набор количественных показателей оценивания, которые сводятся в таблицу, заполняемую оцениваемым подразделением, в соответствии с определенными правилами.

На основании последовательного сравнения значений каждого из показателей оценивания, взятых из таблиц оцениваемых подразделений, каждому подразделению по каждому показателю присваивается соответствующее место. Первое место присваивается подразделению с максимальным значением показателя.

Литература

[1] «Типовая методика оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения», утверждена приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 05 марта 2014 г. № 161.

ПИЛОТИРУЕМЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ XXI ВЕКА

Круглов С.А.
(ООО «Инфокрым», г. Симферополь)

Космос, звезды, космические корабли, обитаемые космические станции на орбите, – этим уже никого не удивишь. Космос стал неотъемлемой частью жизни человека.

С наступлением XXI века, полеты в космос стали вполне обыденным явлением. Прогресс космической техники не стоит на месте. Это все мы с вами, видим в нашей жизни, в эпохе технологического «бума» и прогресса.

Когда речь заходит о космических пилотируемых кораблях, мы сразу вспоминаем наши давно проверенные и надежные корабли «Союз», которые стали «рабочей лошадкой», доставляющие космонавтов в космос.

Но прогресс не стоит на месте, и сегодняшнему времени нужны уже новые космические разработки. И они есть и активно ведутся.

На сегодняшний день можно выделить некоторое количество стран занятых подобными разработками: Россия, США, Китай, Индия.

Давайте поговорим о космических кораблях США, разработкой которых руководят именитые фирмы в области авиастроения и авиатехники: Lockheed Martin, SpaceX, Boeing. И давайте представим соответственно названия, данные кораблям: Orion, Dragon V2, Starliner (CST-100).

Давайте посмотрим поближе на каждый из них в отдельности и выделим что-то общее.

Первый на очереди корабль Orion от компании Lockheed Martin.

Orion – многоцелевой, многоразовый транспортный космический корабль, разрабатываемый середины 2000-х годов в рамках программы «Созвездие» (Программа по возвращению американских астронавтов на Луну – закрыта в 2010 г.). Характеристики: масса – 15 тонн, размеры 3,3 м х 5,3 м, срок активного существования 210 дней. Внутренний объем корабля больше в 1,5 раза объема корабля Apollo. Экипаж до 6 астронавтов [1].

Первый беспилотный испытательный полет состоялся в 2014 году, с помощью ракеты – носителя Delta IV Heavy. Из-за финансовых трудностей дальнейшие полеты были перенесены на 2019 г., а затем на 2020–2021 гг [1].

На сегодняшний момент 2 июля 2019 года успешно прошло тестирование Системы Аварийного Спасения [1].

Далее рассмотрим корабль Dragon V2 от компании SpaceX.

Dragon V2 – пилотируемый многоразовый космический корабль, разрабатываемый по заказу НАСА, предназначенный для доставки экипажа до 7 человек на МКС и возвращения их на Землю [2].

Характеристики: масса – 12 тонн, размеры 8,1 м х 3,66 м. Экипаж до 7 астронавтов. Выводится на орбиту ракетой-носителем Falcon 9. Является модернизацией своего предшественника, грузового корабля Dragon V1 [2].

Продолжительность полета в составе МКС до 365 дней [2].

Впервые корабль был представлен 30 мая 2014 года Илоном Маском – генеральным директором и главным инженером компании SpaceX [2].

Первый испытательный полет без экипажа к МКС был проведен 2 марта 2019 г. [2].

Второй испытательный, уже пилотируемый полет, планируется на ноябрь 2019 г. с двумя астронавтами НАСА на борту [2].

И третий на очереди корабль Starliner (CST – 100) от компании Boeing. Starliner (CST – 100) – проектируемый американский многоразовый пилотируемый транспортный космический корабль, для доставки на орбите грузов и экипажа [3].

Характеристики: масса – 13 тонн, размеры 5,03 м х 4,56 м. Экипаж до 7 астронавтов. Выводится на орбиту ракетой-носителем Atlas IV [3].

Продолжительность полета в составе МКС до 365 дней [3].

Корабль больше, чем корабль Apollo, но меньше, чем корабль Orion [3].

1 февраля 2010 года НАСА поддержала разработку космического аппарата, выделив грант в размере 18 млн. долларов [3].

Первый испытательный полет запланирован к МКС без экипажа, не ранее 28 октября 2019 года [3].

Как мы видим все три космических корабля, очень схожи между собой, как по численности экипажа, так и по планируемым задачам. Несколько отличаются размеры кораблей, ракеты-носители, масса кораблей, продолжительность полета.

Тем не менее, мы должны признать, что по размерам данные корабли превосходят корабли типа Союз и американского предшественника Apollo, а значит, будет обеспечено главное – удобство экипажа, в свою же очередь это повышает психологическое состояние, и комфорт.

Будем, надеется, что новейшие космические корабли откроют новые горизонты для человечества.

Литература

[1] <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/orion.html>

[2] <https://www.spacex.com/dragon>

[3] <https://www.boeing.com/space/starliner>

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ПЕРСПЕКТИВНЫМ ПОЛЕТАМ

Соловьева И.Б., Дмитриев В.Н.

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

Важным отличием будущих полетов, в том числе полетов пилотируемого транспортного корабля нового поколения (ПТК НП) как при решении задач транспортно-технического обслуживания (ТТО) околоземных станций, так и при выполнении Лунной программы, следует считать высокую вероятность встречи экипажей ПКА с новыми условиями и необычными явлениями космического полета.

Среди таких новых условий для ТТО околоземных станций можно указать следующие: новые конструкторские решения организации-разработчика по компоновке, приборному и программному оснащению ПТК, осуществление пусков ПТК с использованием новой ракеты-носителя с космодрома Восточный по новым трассам, посадка и эвакуация экипажей в новых районах и условиях.

Особые условия определяют полеты ПТК по Лунной программе, связанные с появлением новых задач, полетных операций и новых факторов космического полета, а также возможная автономность отдельных этапов полета, затрудняющая взаимодействие экипажа с Центром управления полетами (ЦУП) и др.

Эти новые условия и факторы оказывают влиянием как на надежность и безопасность космической техники, так и на психофизиологическое состояние и работоспособность космонавта, его надежность в экстремальных условиях.

Указанные и другие условия (факторы) не только предъявляют дополнительные требования к подготовленности экипажей перспективных ПКА (ПТК НП) по всем установленным видам подготовки космонавтов, но и ставят проблему повышения роли их профессионально-психологической подготовки (не только в виде самостоятельного вида подготовки, но и синтезированной в другие виды подготовки), в части обеспечения готовности к самостоятельной эффективной и безопасной деятельности в сложных (экстремальных) условиях полета.

С позиций системного подхода для определения содержания психологической подготовки можно выделить основные структурные составляющие особенности деятельности космонавтов:

1. Профессия космонавта относится к категории опасных профессий, связанных с повышенной психологической нагрузкой на человека в штатных (усложненных) и нештатных (нестандартных, угрожающих) условиях деятельности. Психологическая суть опасной профессии – наличие вероятности возникновения события, когда обстоятельства могут оказаться выше психофизиологических возможностей человека [1]. При этом при выполнении профессиональной деятельности невозможно избежать опасности, ее необходимо преодолевать, т.е. быть готовым и способным работать в качестве испытателя и исследователя в таких экстремальных условиях.

2. В процессе подготовки на тренажерных средствах ПКА и выполнении космического полета содержание деятельности космонавта-оператора включает как внешнюю (предметную) область (выполнение конкретных действий, предписанных бортовой документацией), так и внутреннюю (психическую) область, которая в свою очередь базируется на таких процессах, как распреде-

ление внимания, мыслительные операции, оценка обстановки, анализ рисков, принятие решения и т.д. Данная деятельность космонавтов сосредоточена в сфере психической (интеллектуальной) деятельности, степень сложности которой возрастает в новых условиях полета. От результатов этой деятельности существенно зависит конечный результат выполнения полетных операций.

3. В процессе взаимодействия человека и космической техники необходимым условием обеспечения безопасности полета и эффективности системы является надежность деятельности экипажа. Концептуально профессиональная надежность оператора понимается как сохранение стабильности результатов деятельности, т.е. высокого уровня профессиональных навыков, умений, психологических качеств и способностей при деятельности в экстремальных условиях, в частности, в нештатных (нерасчетных) ситуациях. Это зависит от способности человека противостоять влиянию экстремальных факторов и эффективно действовать при усложнении обстановки [1,3].

Проблема обеспечения надежности деятельности космонавтов в полете рассматривается с позиций человеческого фактора (ЧФ) и требует системного подхода в анализе и выборе направлений ее решения [3]:

- с одной стороны, это учет ограниченных психофизиологических возможностей человека в полете, реализуемый на этапе создания космической техники (при проектировании деятельности). Основу потенциальной надежности системы составляет оптимальное согласование ее психологических и технических характеристик;

- с другой стороны, поиск и обоснование путей повышения функциональных возможностей (ФВ) космонавтов средствами подготовки.

Исторически в основу подготовки космонавтов было положено следующее требование С.П. Королева: « ... к моменту старта космического корабля в его кабине должен находиться пилот, способный выполнить куда более сложный полет, чем тот, который ему предстоит» [2].

Надежность космонавта в полете определяется степенью развитости интеллекта, творческой активностью, способностью самостоятельного принятия решений, а также нервно-психической устойчивостью и оперативной готовностью к действию. Надежность действий в экстремальных условиях зависит не только от наличных способностей, но и от развития компенсаторных механизмов (резервов) психики человека. Основным направлением обеспечения надежности деятельности космонавтов в экстремальных, в т. ч. автономных условиях полета следует считать целенаправленное формирование в процессе подготовки профессионально-психического потенциала космонавта, основные составляющие которого представлены в докладе.

Специфика деятельности космонавтов в свете перспективных полетов требует направленности подготовки на развитие внутренних (психических) средств деятельности. В настоящее время перед специалистами ЦПК инженерного и психологического профиля стоит задача разработки содержания и методических средств формирования составляющих профессионально-психического потенциала космонавтов. С учетом специфики средств обучения можно выделить следующие направления решения этой задачи:

- интеллектуальный психологический тренинг;
- тренажерная подготовка с использованием метода проблемного обучения;
- подготовка на имитаторах факторов и экстремальных условий космического полета с реализацией метода психологического моделирования усложненной деятельности космонавтов.

Литература

- [1] Гандер Д.В. Психология опасной профессии. М.: Воентехиздат, – 2011. – С. 248.
- [2] Котовская А.Р. Непрошедшее время. М.: Фирма «Слово», – 2012. – С. 200.
- [3] Пономаренко В.А., Завалова Н.Д. Авиационная психология. М.: ИАКМ, – 1992. – С. 200.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОСМОНАВТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАЧ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ МИССИЯХ В ДАЛЬНЕМ КОСМОСЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОСЛЕПОЛЕТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С УЧАСТИЕМ ЭКИПАЖЕЙ МКС

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

В ходе длительных космических полетов под воздействием невесомости и других факторов космического полета происходит изменение характеристик операторской деятельности космонавтов и возможностей космонавтов по выполнению различных работ. Для реализации перспективных задач по осуществлению космических полетов к Луне и планетам Солнечной системы потребуется прогнозирование возможностей выполнения различного вида деятельности космонавтами в условиях гравитационных сил этих планет после длительного воздействия невесомости.

Одним из вопросов, требующих глубокого изучения, является вопрос исследования возможностей человека в сверхдальнем и сверхдлительном космическом полете.

Часть медико-биологических и психологических проблем изучалась в процессе полетов космонавтов на орбитальных станциях «Салют», «Мир»,

Международной космической станции (МКС), а также в специальных экспериментах по программе «Марс-500». Однако многие аспекты операторской деятельности остаются неисследованными.

Важными задачами операторской деятельности, которые будут характерны для экспедиций, являются задачи управления динамическими режимами космических объектов и задачи деятельности космонавтов на поверхности планет [1]. К таким задачам, в частности, относятся: ручной управляемый спуск на поверхность планеты, режим ручного причаливания, проведение внекорабельной деятельности и работа со сложными техническими системами на поверхности планеты.

Все это дает основания исследовать возможности экипажей МКС по выполнению сложной операторской деятельности после длительного полета и на основании полученных результатов сделать прогноз и разработать рекомендации по осуществлению аналогичных работ на поверхности Луны и планет Солнечной системы.

В НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина проведена серия экспериментальных исследований в интересах обеспечения полетов человека в дальний космос и проведения работ на поверхности Марса с участием экипажей длительных экспедиций непосредственно после завершения ими космического полета. Выполнение данных экспериментальных исследований позволяет создать научно-технический задел для осуществления работ экипажей перспективных пилотируемых космических комплексов по программам полетов к Луне, межпланетных перелетов и освоения планет Солнечной системы [2–4].

Целью экспериментальных исследований является оценка возможности выполнения космонавтом сложной операторской деятельности непосредственно после выполнения длительных космических полетов в условиях пониженной весомости и перегрузок, а также получение экспериментальных данных о качестве выполнения данных операций путем сравнения с предполетными данными.

Литература

[1] На пути к Марсу / Крючков Б.И., Крикалёв С.К., Курицын А.А. // Наука в России, Российская Академия Наук. – 2014. – Вып. 1.

[2] Экспериментальные исследования по оценке выполнения космонавтами сложной операторской деятельности после длительного космического полета на МКС в интересах осуществления полетов в дальний космос / Крикалёв С.К., Крючков Б.И., Харламов М.М., Новицкий О.В., Тарелкин Е.И., Курицын А.А., Долгов П.П., Почуев В.И., Сохин И.Г., Орешкин Г.Д., Копнин В.А., Алексеев В.Н., Киршанов В.Н., Бачмановский Н.А., Кондратьев А.С., Жамалетдинов Н.Р., Васильев А.В. // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 9. – С. 24–35.

[3] Экспериментальные исследования по оценке выполнения сложной операторской деятельности космонавтом после завершения годового космического полета/ Корниенко М.Б., Лончаков Ю.В., Курицын А.А., Копнин В.А., Кондратьев А.С., Долгов П.П., Коренной В.С., Гришин А.П. // Пилотируемые полеты в космос. –2017. –№ 1 (22). С. 29–36.

[4] Experimental studies to evaluate the performance of complex operator activity of cosmonauts just after the year-long spaceflight / Yu.V. Lonchakov, A.A. Kuritsyn, B.I. Kruichkov, M.B. Kornienko, V.A. Sivolap, M.M. Kharlamov, V.A. Kopnin, P.P. Dolgov, A.A. Kovinsky // 67nd International Astronautical Congress. – Guadalajara, Mexico, 2016. – IAC Paper, IAC-16. A1.1.7x34400

ОПЕРАТОРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОСМОНАВТОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ГРУППОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЛУНЕ

**Никитов Э.В., Чеботарев Ю.С., Крючков Б.И., Усов В.М.,
Дмитриев В.Н., Сорокин В.Г., Довженко В.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Вопросам группового управления элементами и подсистемами внутри сложных системотехнических комплексов посвящено значительное число работ. Технология кооперативных групп роботов все чаще появляется в различных сферах жизнедеятельности человека. На Земле уже нашли применение роевые дроны, формирующие различные фигуры-композиции в воздухе, очаровывая наблюдателей трансформациями точечных картин. На автоматизированных складах трудятся роботы-тележки, паллетайзеры и т.п. техника, оптимизируя грузопотоки и позволяющие быстро и качественно выполнять большое количество задач. Примерами первых экспериментальных робототехнических группировок являются экспериментальные спутники SPHERES («Сферы») Массачусетского технологического института, Astrobee («Астропчелы») кубообразной формы [1].

Интерес к использованию группы робототехнических систем (РТС) в космической области возрастает по мере освоения ближнего и дальнего космоса. Общеизвестными преимуществами группового применения роботов при решении сложных задач являются быстрота выполнения задач, оптимизация расходования ресурсов каждого робота, повышение общей надежности, возможность организации ретрансляции управляющих сигналов и сигналов обратной связи от роботов [2]. Вместе с тем, объединение роботов в группы для решения комплексных задач несет с собой ряд проблем, связанных с ограничениями, присущими каждому виду роботов.

В работе рассматриваются способы взаимодействия космических экипажей с группами РТС космического назначения (КН) на Луне, проведен анализ

возможных задач, решаемых группой РТС КН, рассмотрены наиболее вероятные варианты внешних обликов РТС КН в зависимости от решаемых задач, оценены требования обеспечения безопасности и эргономики в системе «Оператор – РТС КН – среда деятельности».

Литература

[1] Чеботарев Ю.С., Сорокин В.Г. «Методические основы подготовки космонавтов к управлению антропоморфной робототехнической системой космического назначения (АРТС КН) в интересах реализации программ освоения ближнего и дальнего космоса». Всероссийский молодежный конкурс научно-технических работ «Орбита молодежи»: Материалы. – СПб: БГТУ «Военмех», Инфо-Да, 2019. – 158 с.

[2] Половко С.А., Попов А.В. Перспективы применения гибридных групп мобильных роботов специального назначения // Сборник тезисов международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника и конверсионные тенденции». – СПб: Политехника-сервис, 2018. – С. 39–40.

[3] М.В. Михайлюк, Б.И. Крючков, В.М. Усов. Виртуальное моделирование интерактивного взаимодействия человека с мобильными роботами в проектах освоения Луны. // Научно-технический журнал «Робототехника и техническая кибернетика». – СПб: ГНЦ РФ ФГАНУ «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» – 2019. – Том 7 № 2. С. 119–124.

СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К УПРАВЛЕНИЮ АНТРОПОМОРФНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО СТЕНДА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Чеботарев Ю.С.

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

Предпосылкой к разработке методики подготовки космонавтов к управлению антропоморфной робототехнической системой (АРТС) в копирующем телеуправляемом режиме (далее – методика) являются концепция и стратегия российской пилотируемой космонавтики, в которой особое место уделяется робототехническим системам (РТС) для операционной поддержки космонавтов в условиях орбитального полета [1,2].

Созданию методики предшествовали научно-исследовательские работы, в которых использовался универсальный компьютерный стенд робототехнических систем (УКС РТС) для отработки типовых полетных операций [3].

В работе представлены цели, задачи, общий план методики с использованием УКС РТС. Практическая отработка методики была осуществлена в рам-

ках подготовки космонавтов к космическому эксперименту «Испытатель» на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», РКК «Энергия» а также на предстартовой подготовке космонавтов в г. Байконур.

Дальнейшее развитие методического обеспечения подготовки космонавтов к управлению АРТС предполагает разработку методики оценивания космонавтов по результатам выполнения программы подготовки.

Литература

[1] Чеботарев Ю.С., Сорокин В.Г. «Методические основы подготовки космонавтов к управлению антропоморфной робототехнической системой космического назначения (АРТС КН) в интересах реализации программ освоения ближнего и дальнего космоса». Всероссийский молодежный конкурс научно-технических работ «Орбита молодежи»: Материалы. – СПб: БГТУ «Военмех», Инфо-Да, 2019. – 158 с.

[2] Чеботарев Ю.С., Курицын А.А., Дмитриев В.Н., Бурдин Б.В., Сосюрка Ю.Б., Довженко В.А. «Практика экспериментальной отработки и развития робототехнических систем космического назначения». // Пилотируемые полеты в космос – 2019. – №2(31). С. 63–75.

[3] Курицын А.А., Довженко В.А., Чеботарев Ю.С. «Перспективы использования универсального компьютерного стенда робототехнических систем в процессе подготовки космонавтов». Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Часть 2. Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2019. – 462 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Потоцкий С.И., Душенко А.Г.

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Станиловская В.И., Беляев А.М.

(РКК «Энергия», г. Королев)

Лахин О.И.

(ООО «НПК «Разумные Решения», г. Самара)

При подготовке и осуществлении космических полетов особые требования предъявляются к решению задачи информационного обеспечения экипажей и специалистов, которые управляют полетом, в том числе, решению задач планирования выполняемых экипажем операций и информационной поддержки оперативной группы управления полетом, в частности при возникновении аварийных ситуаций.

Для решения указанных задач созданы и эффективно используются различные средства автоматизированной поддержки работы специалистов главной оперативной группы управления (ГОГУ), охватывающие такие сферы деятельности, как планирование полета, сопровождение деятельности экипажа,

отработка действий при возникновении типовых аварийных ситуаций и др.

Достижения современных информационных технологий позволяют существенно расширять возможности созданных ранее систем управления и сопровождения полетов на основе модернизации этих систем для более эффективного использования оборудования и оперативного получения более полной информации, необходимой для принятия решений.

В рамках доклада рассматриваются уже выполненные в этом направлении работы, в том числе, связанные с решением задач анализа используемых ресурсов, удаленного доступа к планам и контроля выполнения программы полета, а также проводимые в настоящее время работы, обеспечивающие расширение функциональных возможностей имеющихся средств: создание средств автоматизированного планирования полетных процедур, оптимизацию использования средств наземных комплексов управления в процессе сопровождения полета, а также создание дополнительных средств информационной поддержки экипажей при ликвидации нештатных и аварийных ситуаций.

В процессе создания и развития системы автоматизированного планирования полетных процедур осуществляется создание реляционной базы данных управляющих воздействий и команд, формируемых наземными комплексами управления, и формального языка описания полетных процедур, включающего описание обобщенных директив, функциональных, управляющих команд командно-измерительной системы и команд для ввода массивов цифровой информации. При формировании полетных процедур учитываются параметры ориентации, массо-инерционные характеристики, навигационный вектор состояния, а также параметры маневра.

Оптимизация использования средств наземных комплексов управления в процессе сопровождения полета производится в целях обеспечения максимальной зоны обмена необходимой информацией с РС МКС при выполнении полетных операций, минимизации стоимости использования ресурсов командного измерительного комплекса и поддержки необходимого уровня резервирования технических средств для обеспечения надежности проведения сеансов связи с РС МКС. При этом решается задача построения и адаптивного изменения бесконфликтных планов задействования технических средств наземного комплекса управления для организации сеансов связи с РС МКС по поступающим заявкам с учетом доступности технических средств приема-передачи информации, в том числе, командно-программной информации, телеметрической информации с борта, информации радиоконтроля орбиты, телефонной информации и телевизионной информации с борта.

В связи с тем, что уже осуществляется практическая подготовка длительных полетов космонавтов к Луне и Марсу в условиях отсутствия непрерывной

связи экипажа с Землей, производится разработка версии системы автономного планирования полета на борту космического аппарата.

Автоматическое построение плана полета будет производиться без непосредственного участия пользователя в процессе его формирования. Для решения задачи построения плана используются формальные методы оптимизации на основе применения технологии мультиагентных систем.

В качестве критериев оптимизации планов используются комплексные показатели, учитывающие количество запланированных операций, степень загрузки членов экипажа при выполнении планов, длительность полетных операций, временные отношения между полетными операциями, а также уровень подготовленности членов экипажа к выполнению соответствующих операций.

Разработка указанных систем должна повысить эффективность и надежность выполнения задачи управления космическими полетами.

Литература.

[1] Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полетами. Учебное пособие, Часть 1. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2010.

[2] Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полетами. Учебное пособие, Часть 2. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕЧНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

**Самарин В.В., Гордиенко О.С., Копнин В.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Имеющиеся в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (ЦПК) фонды научно-технической информации отличаются многообразием библиографического описания источников информации и используемых типов носителей информации. В настоящее время в ЦПК имеются открытые и служебные фонды научно-технической библиотеки (НТБ), которые используются в основном при проведении научных исследований и в интересах общекосмической подготовки (ОКП) космонавтов. Процесс подготовки космонавтов непосредственно обеспечивают фонды специальной служебной документации (ФССД): бортовой документации, учебно-методических пособий, технической и конструкторской документации, которые в отличие от фондов НТБ имеют ограниченный доступ пользователей.

На уровне архитектурных решений автоматизированная библиотечная информационная система (БИС) ЦПК, построена в координатах «Клиент – Сервер – Система управления базами данных (СУБД)». Основной принцип это максимум программного обеспечения на сервере, минимум на клиентском оборудовании, доступная к открытому применению СУБД и использование международных библиотечных стандартов. Этим требованиям в наибольшей степени соответствует автоматизированная БИС «МегаПро» созданная компанией «Дата Экспресс» на базе БИС MARK-SQL [1]. В ней применяется «Тонкий клиент», в качестве которого могут выступать компьютеры, планшеты и смартфоны, использующие Internet-технологии на базе web-браузеров. Все модули БИС хранятся на сервере приложений, на котором запущена служба Internet Information Service. Информационные ресурсы хранятся на сервере данных с запущенной службой MS SQL.

Для дальнейшего использования созданных ранее электронных каталогов БИС в программах MS Access и Excel проведена их конвертация в международный MARC-формат для СУБД MS SQL. Были использованы стандартные программы и MARC-редактор. Все имеющиеся электронные ресурсы научно-технических фондов ЦПК были преобразованы в PDF-формат с возможностью осуществления поиска по тексту электронных документов.

Созданная и отлаженная БИС была интегрирована во внутренний портал ЦПК. Путем проведения экспериментальных исследований на внутреннем портале было создано стартовое меню со следующими разделами на верхнем уровне:

1. Сквозной поиск по всем фондам или по его части фондам.
2. Электронная библиотека открытых фондов НТБ.
3. Электронная библиотека специальных служебных фондов.
4. Новые поступления.
5. Техподдержка пользователей.

Здесь первые три блока обеспечивают непосредственный доступ к конкретному фонду БИС, а два последних блока меню служат для организации информационной работы и находятся на внутреннем портале ЦПК, построенном на базе 1С-Битрикс.

При осуществлении сквозного поиска из стартового меню можно без предварительной регистрации в БИС выбрать любую комбинацию фондов и с использованием технологии простого поиска, по словам и словосочетаниям, видам изданий и году выпуска провести предварительный поиск по электронным каталогам, оценив возможности каждого фонда.

Для решения задачи информационного обеспечения отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов используется система последовательного оперативного доступа к информации в координатах «Вид подго-

товки Этап подготовки Предмет (дисциплина) подготовки». Реализация такого алгоритма стала возможной после тщательного структурирования соответствующих признаков метаданных.

Для обеспечения процесса отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов, проведения НИОКР, испытательных работ организован защищенный доступ сотрудников ЦПК к электронной документации специальных служебных фондов БИС, а также обеспечена защита информации от копирования. Использование PDF-формата дает возможность обеспечивать постраничное считывание информации на клиентское оборудование пользователя с сервера, где непосредственно хранится электронная документация, а также организовать защиту от копирования информации с помощью водяных знаков, которые позволяют идентифицировать пользователя по номеру читательского билета, что ограничивает использование постраничного копирования [2].

Количество и качество информационного ресурса интегрированной БИС оказывает существенное влияние на эффективность проведения подготовки космонавтов. Существуют различные способы создания информационных ресурсов. Тщательно подобранные материалы для оцифровки, технологии оцифровки и методы организации информационного ресурса электронных библиотек обеспечивают генерацию новых информационных ресурсов, создание новых уникальных коллекций из первичных документов путем объединения электронных документов по определенной тематике из разных фондов.

Так в интегрированной БИС Центра могут быть созданы уникальные базы данных по результатам космической деятельности космонавтов, полетам, подготовке космонавтов, программам полетов и результатам их выполнения, фототеки, видеотеки и фонотеки, архивы документов по организации подготовки и составу участников подготовки.

Использование электронных версий документации удобно в том плане, что не требуется проводить физической замены листов в бортовой документации, облегчается поиск, а также переход на другие страницы в случае наличия гипертекстовых ссылок в документах. В тоже время, конечно нельзя принижать роль печатных версий, обладающих несравненно более высокой надежностью и наглядностью.

В результате проведенной работы решены задачи интеграции фондов НТБ и ФССД в интересах подготовки космонавтов и специалистов ЦПК. Автоматизированная БИС адаптирована к потребностям существующей системы отбора, подготовки и послеполетной реабилитации космонавтов. Процесс подготовки космонавтов своевременно обеспечен необходимой бортовой, учебно-методической и технической документацией по различным видам и на всех этапах подготовки космонавтов.

Литература

[1] Левова Л.В. Новые архитектурные решения в АИБС «МегаПро» / В.Т. Грибов, Л.В. Левова, С.В. Ефремов [Электронный ресурс] // Книга. Культура. Образование. Инновации («Крым-2018»): материалы Четвертого международного профессионального форума – Электрон дан. – М.: ГПНТБ России, 2018/

[2] Грибов В.Т. Новые технологии защиты электронных документов / В.Т. Грибов, И.П. Соловьев // Университетская книга, 2015. – № 3. – С. 67–69.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КЭ «ИСПЫТАТЕЛЬ» НА БОРТУ РС МКС

**Курицын А.А., Дмитриев В.Н., Довженко В.А.,
Сорокин В.Г., Никитов Э.В., Чеботарёв Ю.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

По результатам выполнения научно-исследовательских работ в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина в 2012–2018 гг. была обоснована необходимость создания и в 2018 году в Центре был создан универсальный компьютерный стенд робототехнических систем (УКС РТС). На УКС РТС проводились экспериментальные исследования по отработке взаимодействия космонавтов с антропоморфными робототехническими системами, управляемыми космонавтами в копирующем режиме, при выполнении типовых полетных операций [1].

В апреле 2019 г. Госкорпорацией «Роскосмос» было принято решение о подготовке и проведении космического эксперимента (КЭ) «Испытатель» с роботом FEDOR (англ. Final Experimental Demonstration Object Research) в ходе полета экспедиции МКС-60/61 на Международную космическую станцию (МКС).

Целями проведения КЭ «Испытатель» являлись:

- экспериментальные исследования дистанционно-управляемого антропоморфного робота FEDOR при его интеграции в транспортный пилотируемый корабль (ТПК) и Российский сегмент Международной космической станции (РС МКС);
- разработка методик супервизорного дистанционного управления антропоморфным роботом с Земли;
- отработка режимов функционирования дистанционно-управляемого антропоморфного робота на всех этапах космического полета с учетом комплексного влияния внешних возмущающих факторов (ВВФ) в процессе полета на РС МКС и возвращения на Землю;
- демонстрация достижений отечественной робототехники.

В связи с этим в кратчайшие сроки в Центре, при взаимодействии с ПАО «РКК Энергия» (постановщик эксперимента) и АО «НПО «Андроидная техника» (разработчик научной аппаратуры), были проведены методические сборы по отработке бортовой документации и программы подготовки космонавтов к проведению КЭ «Испытатель».

Подготовка космонавтов к КЭ (члена основного экипажа МКС-60/61 космонавта-испытателя Скворцова А.А. и члена дублирующего экипажа МКС-60/61 космонавта-испытателя Рыжикова С.Н.) осуществлялась специалистами Центра:

- на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина (12 часов) на универсальном компьютерном стенде робототехнических систем;
- на базе ПАО «РКК Энергия» (20 часов) – с использованием «полетного экземпляра» антропоморфного робота FEDOR, при участии специалистов АО «НПО «Андроидная техника»;
- на базе космодрома (г. Байконур, 5 часов) – с использованием «полетного комплекта» научного оборудования КЭ, при участии специалистов АО «НПО «Андроидная техника».

«Космическая часть» эксперимента началась 22 августа 2019 г. и проводилась на борту ТПК «Союз МС-14» при полете к МКС, на борту РС МКС и снова на борту ТПК «Союз МС-14» при его спуске с орбиты и посадке 7 сентября 2019 г.

Специалисты Центра активно участвовали в разработке бортовой документации по КЭ «Испытатель» и в сопровождении КЭ в ЦУП.

В процессе проведения КЭ на борту ТПК и РС МКС был отработан ряд сценариев работы робота, получившего перед полетом имя «Skybot F-850» в автоматическом режиме (видеообращение, диалог с экипажем РС МКС А.Н. Овчининим и А.А. Скворцовым) и его взаимодействия с экипажем РС МКС при функционировании в копирующем режиме управления – работе с использованием штатного инструмента (дрель-шуруповерт, фонарь, электро-разъемы), взятии и передаче инструмента (отвертки) космонавту. Программа КЭ «Испытатель» выполнена полностью, в настоящее время проводится анализ его результатов.

В дальнейшем антропоморфного робота FEDOR («Skybot F-850») планируется использовать для выполнения опасных работ на внешней поверхности МКС, в качестве первого испытателя нового российского пилотируемого транспортного корабля, первый запуск которого планируется в 2022 году, а также при освоении дальнего космоса.

Литература

[1] Б. Бурдин, А. Курицын, В. Дмитриев, В. Довженко, Ю. Сосюрка, Ю. Чеботарев
Практика экспериментальной отработки и развития робототехнических систем космического назначения // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(31). – 2019. – С. 63–75.

АНАЛИЗ ОПЫТА СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ПОСАДКИ НА ЛУННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

**Бурдин Б.В., Крючков Б.И., Греков Н.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Анализируется опыт США и СССР по организации подготовки астронавтов и космонавтов к осуществлению посадки на Луну.

Задача обучения астронавтов решалась с помощью проведения тренировок участников лунных экспедиций на наземном лунном посадочном исследовательском комплексе **LLRF** и летающих тренажерах **LLRV/LLTV** с технологией вертикального взлета и посадки, созданных исключительно для этих целей. Исследовательский комплекс **LLRF** по конструкции напоминал козловой кран длиной 122 м. и высотой 61 м. LLRF был создан для исследования различных технических средств перемещения по Луне и в целях отработки заключительной части спуска, зависания и вертикальной посадки. Для имитации лунной гравитации кабина лунного модуля вывешивалась в LLRF на тросах [1,2].

Особенность машин LLRV/LLTV заключалась в том, что на них можно было имитировать полет и посадку в условиях окололунного пространства с учетом пониженной гравитации. Имитация посадки проводилась на небольшой высоте – около 60–90 метров над землей. С помощью обычных вертолетов это сделать невозможно как по условиям безопасности полетов, так и из-за невозможности частичной компенсации гравитации без специальных устройств.

Еще одним техническим средством подготовки астронавтов стал специальный тренажер визуализации Lunar Orbit and Let-Down Approach Simulator (**LOLA**). Проект **LOLA** или проект перехода с лунной орбиты на посадку был реализован на тренажере научно-исследовательского центра Лэнгли. Имитатор кабины лунного посадочного модуля был оборудован внутренней системой телевидения и четырьмя большими масштабными фрагментами части лунной поверхности, которые могли наблюдаться на различных высотах по мере сближения с Луной во время посадки. В проекте были учтены многие

особенности пилотирования космического аппарата в непосредственной близости к Луне: гравитация, составляющая одну шестую часть земной, а также световые эффекты, связанные с отсутствием атмосферы.

Астронавты использовали все эти тренажеры для подготовки к посадке на Луну и дали им высокую оценку. Каждый из астронавтов провел на тренажерах более 400 часов, отрабатывая все возможные нюансы миссии и нестандартные ситуации [3].

В СССР тоже были разработки летающих тренажеров с технологией вертикального взлета и посадки. Официально советские аппараты назывались турболетами. В отличие от американских тренажеров, которые использовались для подготовки людей к высадке на Луну, отечественные турболеты применялись для отработки технологий вертикального взлета и посадки штурмовика ЯК-38 на палубу авианосца.

Экспериментальные исследования в интересах отработки управления посадочным лунным кораблем (ЛК) были начаты по инициативе ОКБ-1 (ныне – РКК «Энергия») и специалистов ЛИИ МАП. Область исследований была ограничена ручным управлением посадкой ПКА.

Развитие и реализация метода моделирования динамики объектов с помощью вертолетных ЛЛ применительно к задаче посадки ПКА на лунную поверхность позволили создать два вертолетных имитатора на базе вертолетов Ми-4 [4,5]. Именно для задач моделирования ручного управления ПКА и оценки точности десантирования космонавта на поверхность Луны использовались вертолетные имитаторы лунного корабля «ВИ-ЛК». Отличительной особенностью созданного комплекса были макеты лунных кабин, установленные в хвостовой части фюзеляжа вертолета. При этом в вертолетном имитаторе кабина была установлена в карданном подвесе, обеспечивающем ее поворот относительно двух взаимно перпендикулярных осей. Поворот кабины был необходим для установления соответствия между углом отклонения моделируемого объекта от вертикальной оси и составляющими ускорения в горизонтальной плоскости, т.е. для моделирования лунной силы тяжести. Экспериментальная система обеспечивала управление вертолетом пилотом-экспериментатором, находящимся в поворотной кабине.

Принципиальное значение в данной схеме имело использование автоматической системы управления не только для моделирования характеристик ПКА, но и для управления движением вертолета.

Проведенные в ЛИИ исследования показали эффективность принятой технологии, позволили определить вид оптимальных, в смысле взаимодействия с пилотом, законов управления, дали возможность оценить некоторые особенности управления, связанные с меньшим ускорением силы тяжести на

Луне. Была подтверждена возможность успешного выполнения посадки ПКА на Луну с использованием ручного управления [5–8].

На основании проведенного анализа разработаны предложения по созданию летного тренажера для посадки на Луну.

Литература

[1] 1968.05.06 – Apollo Lunar Landing Research Vehicle No. 1 Crashed at Ellington Air Force Base Encyclopedia Astronautica.

[2] Compton, William David Where No Man Has Gone Before: A History of Apollo Lunar Exploration Missions p. 139. NASA (1989).

[3] Lindsay, Hamish Apollo 11. The First Men On The Moon. A Tribute to Honeysuckle Creek Tracking Station.

[4] Берестов Л.М. Два метода обеспечения подобия динамики движения летающего вертолетного имитатора и модели летательного аппарата. Труды ЛИИ № 177, Жуковский, 1969. – С. 5–21.

[5] Берестов Л.М., Горин В.В., Потоцкий И.В., Фаворова Г.Н., Филипенков С.Н. Исследования по выбору параметров системы ручного управления посадкой пилотируемого космического аппарата на поверхность Луны. Сборник тезисов первой совместной конференции Международной академии астронавтики – Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского «Космос для человечества». Королёв, 2008. – С. 137–138.

[6] Бранец В.Н., Яблонько Ю.П. Построение системы ручного управления посадкой космического корабля на безатмосферную планету. Информационный сборник АН СССР «Проблемы навигации и автоматического управления». Вып. 6, 1972. – С. 15–34.

[7] Горин В.В. Исследования по выбору некоторых параметров системы ручного управления посадкой космического аппарата на поверхность Луны. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., ЛИИ МАП, Жуковский, 1972. – С. 4–161.

[8] Горин В.В., Потоцкий И.В., Китаев-Смык Л.А., Филипенков С.Н. Применение летающих лабораторий в психофизиологических исследованиях управляемости летательного аппарата при динамическом моделировании космических операций. Шестой Международный Аэрокосмический Конгресс IAC'09. Тезисы докладов. 23–27 августа 2009 г. Москва, Россия. М., 2009. – С. 194–195.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПИЛОТИРУЕМЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ ИХ ШИРОКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ В КОММЕРЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Солецкий В.С.

**(Московский Государственный Университет им. Ломоносова,
Факультет Космических Исследований)**

В 21 веке зарождение термина космическая экономика произошло довольно недавно. Современный международный космический рынок уже хорошо развит и структурирован, на нем сформировалось несколько ключевых

центров притяжения, Подлинный «взлет» (lift-off) космической экономики требует от государств-участников и корпораций особого искусства, связанного с созданием правильных условий, стимулов и своего позиционирования на рынке. Основные технические риски развития космической экономики включают в себя:

- высокий уровень начальных капитальных вложений в объекты наземной инфраструктуры и производства;
- низкую маржинальность (или нулевую доходность) многих проектов (часто, если их рассматривать по отдельности);
- риски безвозвратной потери космических объектов (в целом, 5 % запусков по-прежнему неудачны, только половина запусков застрахованы, а на орбите Земли находится до 170 млн. единиц космического мусора);
- убытки от природных факторов, например, убытки от солнечных бурь для систем коммуникаций уже сегодня превышают 2,5 трлн. долларов США.

Среди угроз развития космической экономики выделяется четыре группы основных проблем:

- сдвиги в экономической политике, связанные с переориентацией целей, например, с развития космоса на борьбу с потеплением;
- социальные движения антикосмической направленности, например, под лозунгом расходования бюджетных средств на борьбу с бедностью, а не на исследование космоса;
- катастрофические происшествия, связанные с космосом, например, поражения объектов или людей на поверхности Земли, или гибель космических туристов;
- углубление неравенства в процессе развития космической экономики, например, в результате концентрации прибылей у узкого числа компаний или состоятельных лиц (billionaire's space club). [1] Одной из причин этому, так же может служить отсутствие систем и не применение методик бизнес планирования, позволяющих экономически (не идеологически) эффективно извлекать выгоду из космоса.

Литература

- [1] А. Яник К концепции «Космической экономики» / Тренды и управление М.: 2018.

КИНЕСТЕЗИЯ АНТРОПОМОРФНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

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

Одним из концептов развития космонавтики является универсализация пилотируемой техники путем реализации взаимосовместимости человека-пилота или человека-оператора с андроидом – антропоморфной робототехнической системой (АРТС). Анатомическая параметризация АРТС должна обеспечивать как точность копирующих действий и позиционирования, так и сенсомоторику, обеспечивающую высокую тактильную чувствительность и широкий динамический диапазон силомоментной составляющей манипуляторов, свойственных человеку. Используемые при этом средства виртуальной или дополненной реальности для имитации воздействия, так и реакции на воздействия вносят существенную неопределенность в сенсомоторику как человека-оператора, так и связанной с ним АРТС.

Исследования показывают, что огромное разнообразие в подходах проектирования манипуляторов АРТС с кинестетическими датчиками и тактильными системами, от дискретных сенсоров до массивов такселей и искусственной кожи не решают проблему кинестезии в целом.

Основная цель работы заключается в нахождении технологических парадигм и философии проектирования дистальной части конечностей АРТС, их тактильно-кинестетического очувствления и решения проблем динамической сенситивной атаксии.

В работе предложен концепт принципиально отличающийся от известных решений роботизированных конечностей АРТС. Концепт основан на использовании упругой консоли с переменной площадью сечения, обладающей качеством тела равного сопротивления изгибу. Его достоинство состоит в совмещении в одной простой конструкции функций упругого (пружины) и демпфирующего (амортизатора) элементов. При этом, решая обратную задачу, достигается эффект большой гибкости конечности (дистальной фаланги) при одновременно большом силомоментном нагружении на средних и проксимальных фалангах. Изменение изгибной жесткости может осуществляться как дискретно с введением каждого последующего упругого слоя, так и квази-непрерывно, с их увеличением [Патент RU 2 586 259].

Сенсибилизировать такие фаланги возможно путем интеграции тонкопленочных тензорезистивных слоевых структур с одним и более упругими тонкими слоями разной длины, с образованием симметричной или ассиметричной упруго-чувствительной сэндвич-структуры консольного типа, с воз-

возможностью обратного изгиба и регистрации инверсии вектора напряженности. Для повышения точности и чувствительности преобразования напряженно-деформируемых состояний предложены способы и устройства основанные на одновременном двупараметрическом тензоизмерении изменяемых активных и реактивных сопротивлений межслоевых компонентов упруго-чувствительной сэндвич-структуры. При этом тонкие металлические пленки могут быть выполнены фигурными в виде меандра гребенки или спирали, что дополнительно увеличивает динамический диапазон изменения емкости при деформациях изгиба [Патент RU 2 661 456].

Для обеспечения кинестезии при одновременной тактильности (ощущения прикосновения, давления, вибрации) конечностей предложены способ и устройства, основанные на использовании в качестве кинестетического датчика дисперсной системы, состоящей из дисперсной жидкой полярной среды и дисперсной фазы в межэлектродном пространстве. Преобразование в электрические сигналы упругих деформаций искусственного эпидермиса соответствующей фаланги конечности под действием механического стимула осуществляется путем разложения и регистрации такой упруго-чувствительной дисперсной системой компонент главного вектора сил и моментов и формирования управляющего воздействия на исполнительный механизм в проекциях на связанную с ним систему координат. Высокая тактильная чувствительность обеспечивается модуляцией светового пятна в плоскости фотодетектора, а широкий динамический диапазон силомоментного хвата обеспечивается за счет дополнительного измерения емкостных токов, промодулированных пространственным положением дисперсной газообразной фазы в жидкой дисперсной среде. При этом в отсутствии механических стимулов на дистальных фалангах формируются сигналы об их пространственном положении [Патент на изобретение RU 2 655 024].

Многомодальная интеграция каналов восприятия как за счет проприоцепции, так и за счет систем вестибулярного аппарата и технического зрения, позволяет интегрировать в искусственный интеллект АРТС полную информацию о положении и движении его частей тела в пространстве с учетом окружающих предметов. Это позволяет совершенствовать взаимосоординацию сенсорных и моторных компонентов деятельности АРТС.

Предложенные концепт построения конечностей андроида и способы их очувствления: технологически реализуемы для верхних и нижних конечностей; содержат минимум электронных компонентов, не требующих электромагнитной совместимости и защиты от радиационного излучения, что позволяет эксплуатировать их в агрессивной космической среде; решают задачу противоречия анатомической параметризации, путем создания простых мик-

роминиатюрных многопараметрических кинестетических датчиков, интегрируемых во внутрь соответствующей фаланги конечности.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
СЕМИСТЕПЕННОГО ЗАДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА,
ОЧУВСТВЛЕННОГО ПО УСИЛИЮ,
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ
КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Кузнецова Е.М., Трутс А.А., Гук М.Ю., Сергеев А.В., Даляев И.Ю.
(ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, г. Санкт-Петербург)**

Освоение космоса является одним из важнейших направлений развития науки и техники. Использование робототехнических комплексов (РТК) космического назначения позволяет решать широкий круг задач: от орбитального обслуживания космических аппаратов до проведения напланетных исследований [1–3].

Выполнение сложных/тонких технологических операций различными классами РТК космического назначения в недетерминированной среде сопряжено с риском вывода из строя обслуживаемого объекта, либо РТК или входящих в его состав систем. Поэтому наиболее сложные/тонкие операции производятся оператором в ручном режиме. При этом для безопасного и эффективного функционирования управляемого объекта необходимо иметь возможность точно задавать и контролировать перемещения составных частей РТК в т.ч. по сложной траектории, а также иметь представление о воздействующих на них усилиях. Исходя из вышеописанных потребностей, в ЦНИИ РТК было разработано семистепенное задающее устройство [4], очувствленное по усилию, которое позволяет осуществлять:

- формирование управляющего воздействия, описывающего характер и параметры исполняемого движения, в интуитивно-понятной оператору форме с точки зрения его повседневного опыта и понимания процесса исполняемого действия;
- управление в скоростном или позиционном режимах как с отражением усилий, так и без отражения;
- отражение усилий/моментов в эргономичных пределах;
- контроль захвата объекта исполнительным устройством с помощью очувствленного курка;
- реализацию дополнительных функций управления за счет настройки программируемых кнопок;

– использование в различных гравитационных условиях за счет настраиваемой системы пассивного обезвешивания рабочего органа.

Семистепенное задающее устройство позволяет в ручном режиме управлять различными классами РТС, в том числе кинематически избыточными, как в земных условиях, так при воздействии микрогравитации.

Литература

[1] Lopota, A[lexander]; Dalyaev, I[gor]; Shardyko, I[gor]; Kuznetcova, E[lana] & Belezyakov, I[lia] (2016). Means of Robotic Support for On-Orbit Servicing, Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium, pp.0865–0870, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734- 07-5, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI:10.2507/26th.daaam.proceedings.120.

[2] Vasiliev A.V., Kondratyev A.S., Gradovtsev A.A., Dalyaev I.Yu. Research and Development of Design Shape of a Mobile Robotic System for Geological Exploration on the Moon's Surface // Proceedings of SPIIRAS.– 2016. Issue 2(45). – URL: <http://proceedings.spiiras.nw.ru/ojs/index.php/sp/article/view/3266> (accepted 18.07.2019). – DOI: 10.15622/sp.45.9.

[3] Результаты космического эксперимента «Контур-2» по отработке технологий удаленного управления напланетными робототехническими объектами / В.А. Мулюха, В.С. Заборовский, М.Ю. Гук, А.В. Силиненко // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017 – № 9. – С. 153–169. – DOI:10.23683/2311-3103-2017-9-153-169.

[4] Kuznetcova, E[lana]; Titov, V[iktor]; Smirnov, E[vgeniy]; Dalyaev, I[gor] & Truts, A[lexander] (2018). Design and Simulation Analysis of Haptic Device With Parallel Kinematics, Proceedings of the 29th DAAAM International Symposium, pp. 0636–0644, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-20-4, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.092.

ПРОЕКТ «КОНТУР-3» – НОВЫЙ ШАГ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЛУНЫ С ПОМОЩЬЮ НАПЛАНЕТНЫХ РОБОТОВ

**Васильев А.В., Сергеев А.В., Гук М.Ю., Сергеев С.Ф.,
Кондратьев А.С., Далаев И.Ю.**

(ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург)

Balachandran R., Riecke C., Weber B.

**(Robotics and Mechatronics Center of German Aerospace Center (DLR-RMC),
Oberpfaffenhofen, Germany)**

Рудакова О.В.

(ЦНИИмаш, г. Королёв)

Исследования и колонизация Луны, а в перспективе и других небесных тел Солнечной системы, будут выполняться на их поверхности с привлечением напланетных робототехнических систем (НРТС) различного класса и назначения. Несмотря на существенный прогресс в области повышения автономнос-

ти мобильных роботов, достигнутый в последнее десятилетие, очевидно, что управление мобильными НРТС на поверхности Луны и других небесных тел, по крайней мере в обозримой перспективе, будет проводиться в дистанционном телеуправляемом режиме, что позволяет существенно снизить затраты и риски, связанные с высадкой человека на поверхность. Представляется целесообразным выполнять телеуправление НРТС непосредственно с борта орбитальной космической станции, тем самым снизив до минимума временные задержки в контуре управления, что позволит получить эффект телеприсутствия оператора с реализацией режимов управления с силовой обратной связью.

Одной из существенных проблем при решении данной задачи является создание человеко-машинного интерфейса, позволяющего осуществлять эффективное управление в условиях микрогравитации и искаженной картины мира оператора, возникающей при десинхронизации его сенсорных и сенсомоторных систем.

В связи с этим становится актуальной задача отработки технологий управления напланетными мобильными роботами с борта пилотируемой космической станции космонавтом-оператором, находящимся в условиях микрогравитации. На решение возникающего комплекса проблем направлена целевая работа (ЦР), планируемая Госкорпорацией «Роскосмос» и Германским центром авиации и космонавтики (DLR) по проведению совместного российско-германского космического эксперимента (КЭ) «Контур-3».

В качестве разработчиков ЦР выступают: с российской стороны – ЦНИИ РТК, с германской стороны – Центр робототехники и мехатроники (RMC). Постановщиком ЦР с функцией научно-технического сопровождения выступает АО «ЦНИИмаш».

Целью проекта «Контур-3» является формирование научно-технического задела и разработка рекомендаций по созданию эффективных человеко-машинных интерфейсов управления робототехническими средствами поддержки пилотируемых миссий на Луне.

Основными задачами ЦР «Контур-3» являются:

- исследование и получение объективных инструментальных данных о влиянии условий космического полета на операторскую деятельность по управлению сложными робототехническими системами и адаптации космонавтов-операторов к временным задержкам, возникающим при использовании различных каналов космической связи;

- исследование вариантов организации рабочего места космонавта-оператора с использованием различных устройств человеко-машинного интерфейса с целью поддержки миссий по исследованию Луны и других небесных тел;

– отработка типовых сценариев, моделирующих работу перспективных луноходов различного класса и назначения при проведении научных исследований и решении задач по сервисному обслуживанию элементов научной и промышленно-технологической инфраструктуры на поверхности Луны.

В докладе приводятся сведения о предполагаемом составе наземного и бортового сегментов научной аппаратуры и средств обеспечения, создаваемых для реализации ЦР «Контур-3», планируемая программа сеансов КЭ с российской и германской сторон, обсуждаются особенности различных вариантов реализации сеансов, ряд проблемных вопросов, возникающих в ходе подготовки к проведению КЭ.

Реализация ЦР «Контур-3», по мнению авторов, позволит получить научно-технический задел для подготовки и проведения эффективных миссий по исследованию Луны и других небесных тел с применением напланетных роботов.

СЕКЦИЯ 2

**ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОСМОНАВТОВ
(ОТБОР, ПОДГОТОВКА, КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ)**

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОТКРЫТОГО НАБОРА КАНДИДАТОВ В КОСМОНАВТЫ В 2017–2018 ГГ.

**Сабуров С.П., Спектор А.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Решение современных задач пилотируемой космонавтики налагает определенные требования к профессиональным качествам космонавтов. Эти требования предъявляются на этапе отбора кандидатов в космонавты. Совершенствование системы отбора и подготовки космонавтов, поддержание ее функционирования на современном уровне и дальнейшее оптимизирование под новые космические программы имеют большое значение для выполнения Федеральной космической программы.

Международная и российская практика показывает, что открытые конкурсы позволяют привлечь значительное число квалифицированных претендентов и осуществить отбор наиболее подходящих кандидатов в космонавты, обладающих необходимыми профессиональными качествами. В 2012 году в РФ был организован первый открытый набор кандидатов в космонавты, в результате которого были отобраны 8 кандидатов. По результатам анализа особенностей проведения первого открытого конкурса были разработаны рекомендации по совершенствованию организационно-методических документов.

Проведенный в 2016 году анализ программы МКС показал, что для обеспечения своевременного формирования и подготовки экипажей МКС до 2024 года необходимо провести очередной набор кандидатов в космонавты-испытатели в количестве 6–8 человек.

По решению Межведомственной комиссии по отбору космонавтов и их назначению в составы экипажей пилотируемых кораблей и станций в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина в период с 14 марта 2017 года по 10 августа 2018 года проводился второй открытый конкурс по отбору кандидатов в космонавты Российской Федерации при участии ПАО «РКК «Энергия» и ГНЦ РФ ИМБП РАН.

По рекомендациям, разработанным в результате анализа открытого конкурса, проведенного в 2012 году, были изменены требования к возрасту, образованию и опыту работы претендентов. Кроме того, было введено тестирование на технических средствах для проверки операторских качеств.

В докладе представлены результаты и особенности проведения второго открытого набора в кандидаты в космонавты.

**ДИНАМИЧЕСКИЙ ФОРМАТ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ
НА УЧАСТКЕ ВЫВЕДЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО
ПИЛОТИРУЕМОГО КОРАБЛЯ «СОЮЗ»**

**Вовк Д.В., Краев В.М., Юрчихин Ф.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

11 октября 2018 года произошла авария ракеты-носителя на участке выведения транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС-10». После анализа работы систем и действий экипажа был сформирован список замечаний и предложений по ТПК «Союз МС». Одним из предложений было создание формата отображения информации о работе систем на всех этапах участка выведения ТПК, а также о работе системы аварийного спасения в случае аварии ракеты-носителя.

В настоящее время на участке выведения ТПК «Союз МС» экипажу доступны форматы, отображающие сигнальное табло. По этим форматам можно оценить работу отдельных систем, однако нельзя получить информацию о процессе выведения ракеты-носителя, а также о работе системы аварийного спасения в случае аварии ракеты-носителя. Информация о процессе выведения необходима экипажу для отслеживания циклограммы выведения ракеты-носителя, а также для принятия решения в случае нештатной ситуации. Информация о работе системы аварийного спасения помогает обеспечить выполнение четких действий в стрессовой для экипажа ситуации.

В докладе предлагается разработанный динамический формат отображения информации для экипажей на участке выведения ТПК, его вид и описание.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕЖИМОВ
СБЛИЖЕНИЯ, ПРИЧАЛИВАНИЯ И СТЫКОВКИ
НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ТРЕНАЖЕРЕ «ДОН-СОЮЗ»**

**Кондрат А.И., Орешкин Г.Д., Кондратьев А.С., Шуров А.И.,
Савинцев А.Ю., Ключев Ю.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В настоящее время основной объем тренировок по ручному сближению, причаливанию и стыковки проводится на специализированном тренажере «Дон-Союз». Оценка качества ручного управления на данных режимах выполняется автоматизированным способом по конечным параметрам.

Опыт подготовки космонавтов по ручному сближению, причаливанию и стыковки показывает, что их стили управления различаются, но эти различия в оценке не учитываются. В связи с этим возникает необходимость исследования влияния на качество управления собственно промежуточных параметров траектории.

Программное обеспечение тренажера «Дон-Союз» позволяет регистрировать текущие параметры траектории при выполнении ручных режимов с необходимым временным шагом для проведения анализа траекторий из начальной в конечную точку.

При решении задачи оценки качества ручного управления с учетом различных стилей управления, предполагается выполнить:

1. Анализ используемого метода оценки качества выполнения режимов.
2. Анализ перечня регистрируемых параметров тренажера «Дон-Союз».
3. Анализ траекторий из архива тренировок проведенных на тренажере «Дон-Союз» с целью определения стиля управления конкретного космонавта.
4. Доработку (разработку) метода оценки качества выполнения режимов ручного управления.
5. Формирование требований к составу и скважности регистрации параметров необходимых для реализации метода из перечня регистрируемых параметров тренажера.
6. Разработку методики оценки качества выполнения режимов с использованием, в качестве исходных данных, архивных параметров регистрации режимов и полученных после доработки (разработки).
7. Разработку программного обеспечения.
8. Анализ и апробацию доработанного (разработанного) метода на траекториях режимов.
9. Разработку рекомендаций по совершенствованию оценки качества ручного управления при выполнении режимов сближения, причаливания и стыковки на специализированном тренажере «Дон-Союз».

В докладе более детально обсуждаются технические аспекты подзадач и оценки качества ручного управления рассматриваемых режимах сближения, причаливания и стыковки.

Литература

1. Кондрат А.И., Орешкин Г.Д., Кондратьев А.С., Шуров А.И. О комплексном тренажере для первого пилотируемого полета ПТК «Федерация» // Сборник XLV Общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина, Гагарин, 2019.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ОТКЛОНЕНИЙ ОТ НОРМЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ В ХОДЕ КОМПЛЕКСНЫХ ТРЕНИРОВОК НА ТРЕНАЖЕРАХ ТРАНСПОРТНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОРАБЛЕЙ «СОЮЗ МС»

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

Доклад посвящен проблеме возникновения отклонений от нормы деятельности 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 готовности 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.

В докладе предлагается классификация отклонений от нормы деятельности для проведения анализа причин их возникновения, что позволит в последующем минимизировать вероятность этих отклонений в процессе выполнения ЭКТ и, впоследствии, в космическом полете.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СПУСКОВЫХ МАНЕВРОВ В СУДН РК ТПК «СОЮЗ МС»

**Дубров П.В., Кикина А.Ю., Кинжалов А.П., Корсаков С.В.,
Меритон В.В., Рябов К.В., Солошенко П.А., Суворов В.М.,
Черкашин В.В., Юрчихин Ф.Н.**
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

После выполнения программы космического полета экипажем МКС-51/52 на послеполетном техническом разборе летчиком-космонавтом Федором Николаевичем Юрчихиным было высказано предложение по разработке отдельного формата интегрированного пульта управления (ИнПУ) по резервному контуру.

Для реализации этого предложения была создана рабочая группа, состоящая из представителей отряда космонавтов и специалистов по технической подготовке по транспортному пилотируемому кораблю (ТПК) «Союз МС».

В целях улучшения контроля за работой бортовых систем в части системы управления движением и навигации (СУДН) при работе в резервном контуре (РК) был разработан проект структуры организации данных на формате «РК». Данный формат предназначен для использования во время отработки спусковых маневров в РК СУДН ТПК серии «Союз» до начала этапа разделения.

Основными идеями, используемыми при разработке формата стали:

- сохранение привычной структуры расположения данных на формате ИнПУ;
- минимизация переходов с одного формата ИнПУ на другой при выполнении динамических операций;
- обеспечение удобства восприятия предоставляемой экипажу информации путем использования интуитивно понятных наименований полей данных и графической индикации состояния систем корабля;
- сохранение полного соответствия в названиях переменных и параметров на формате, в бортовой документации и учебном пособии по системе СУДН РК.

В докладе представлены состав информационных сообщений, отображающихся в зоне приоритетной информации, схема размещения информационных блоков в зоне кадровой информации, описание состава и внешнего вида информационных блоков, а так же приведен макет формата.

Проведенные тесты показали, что при выполнении типовых операций, предписанных бортовой документацией в процессе отработки спусковых маневров в резервном контуре СУДН ТПК серии «Союз» до начала этапа разделения с использованием разработанного формата, действия оператора сопровождались незначительными отличиями во времени выполнения операций и более высокими результатами по точности выполнения предписаний бортовой документации, а так же снижением показателей неверной выдачи команд или невыдачи команд по сравнению с использованием существующих форматов ИнПУ.

Дальнейшая работа над проектом предполагает проведение испытаний на выборке операторов большего размера, а так же детальное изучение особенностей использования формата для работы во время отработки спусковых маневров в РК СУДН ТПК серии «Союз» до начала этапа разделения при рассмотрении маловероятных сценариев отказов и нерасчетных нештатных ситуаций.

**ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ
ПО ДЕЙСТВИЯМ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ
В СВЯЗИ С ПОЯВЛЕНИЕМ НОВЫХ КОРАБЛЕЙ**

**Копя Т.А., Данюк Т.В., Вовк В.В., Давыдов В.С., Анацкий М.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

С 2011 года, после завершения полетов Space Shuttle, единственными средствами доставки экипажей на Международную космическую станцию (МКС) являются российские пилотируемые корабли «Союз». Но работы по созданию и испытанию новых пилотируемых кораблей, разрабатываемых компаниями Boeing и SpaceX, входят в финальную стадию.

Crew Dragon – пилотируемый частный многоразовый космический корабль компании SpaceX, разработанный по заказу НАСА. Предназначен для доставки экипажа до 7 человек на МКС и возвращения их на Землю. Выводится на орбиту ракетой-носителем Falcon 9 со стартового комплекса в Космическом центре Кеннеди. На момент написания статьи выполнен один тестовый беспилотный полет 2 марта 2019 года. Crew Dragon может быть пристыкован к носовому или зенитному стыковочному адаптеру IDA модуля Node 2.

Starliner (CST-100 (Crew Space Transportation)) – американский частично многоразовый пилотируемый транспортный космический корабль, разрабатываемый компанией Boeing по заказу НАСА. Предназначен для доставки экипажа до 7 человек на МКС и возвращения их на Землю. Запуск CST-100 компания Boeing будет производить с помощью ракеты-носителя Atlas V со стартовой площадки на мысе Канаверал. Корабль CST-100 может быть пристыкован к носовому или зенитному стыковочному адаптеру IDA модуля Node 2.

В связи с появлением новых пилотируемых кораблей, которые в случае возникновения аварийной ситуации на борту МКС являются кораблями-спасателями, возникает ряд вопросов и проблем. Крайне сокращенный объем подготовки членов экипажей новых кораблей по российскому сегменту МКС, постоянно меняющаяся программа полета вследствие сдвигов дат стартов кораблей, новые места расположения кораблей-спасателей в составе МКС – все это вносит большие коррективы в существующую подготовку по действиям экипажей в аварийных ситуациях.

В докладе рассмотрены проблемы и вопросы подготовки экипажей по действиям в аварийных ситуациях, возникшие в связи с разработкой новых пилотируемых кораблей, а также изменения в стратегии действий экипажей.

**НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ И МОДЕРНИЗАЦИИ
СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ И ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ
КОСМОНАВТОВ К ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Дедков Д.К., Коровкин А.П., Леговина В.С.,
Орешкин Г.Д., Пасечник Ю.М.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Классическое положение естествознания о единстве организма и среды лежит в основе всех творческих поисков создания систем жизнеобеспечения (СЖО) человека и животных как для длительных полетов на космических кораблях, так и для обитания на других планетах.

В докладе представлены некоторые подходы к созданию и модернизации систем жизнеобеспечения отечественных орбитальных станций. Рассмотрена хронология создания и совершенствования систем формирования атмосферы, водообеспечения, санитарно-гигиенического обеспечения, обеспечения питанием и т.д. на отечественных орбитальных станциях. Приводятся данные по изменениям конструкции систем в интересах экономии затрат, устранению ошибочных решений, не выявленных на этапе проектирования и создания, повышения надежности, производительности и ресурса.

Важное место уделено подготовке космонавтов, которые принимают непосредственное участие в эксплуатации этих систем в космическом полете [1, 2]. Возможности комплексного тренажера РС МКС обеспечивают подготовку космонавтов к отработке 67 % всех действий по эксплуатации и техническому обслуживанию систем жизнеобеспечения, предписываемых бортовыми инструкциями. Эта проблема почти полностью (93 %) решается созданными в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина специализированными стендами-тренажерами на основе натурного и полунатурного моделирования. В качестве примера некоторые из этих тренажеров приведены в докладе. Также в докладе акцентируется внимание на особенностях подготовки космонавтов по эксплуатации и обслуживанию систем жизнеобеспечения.

Литература

[1] Дедков Д.К., Орешкин Г.Д., Чеботарев Ю.С. Подготовка космонавтов и астронавтов по КСОЖ РС МКС и пути повышения ее эффективности // Материалы 11 Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», Звездный городок, 2015.

[2] Дедков Д.К., Медведев А.А. Анализ факторов, влияющих на распределение времени, отводимого на выполнение целевых задач экипажем РС МКС // Материалы 10 Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», Звездный городок, 2013.

РЕГЕНЕРАЦИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ВАКУУМНОЙ ДИСТИЛЛЯЦИИ

Бобе Л.С., Кочетков А.А., Аракчеев Д.В., Сальников Н.А.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)
Андрейчук П.О.
(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев)

В настоящее время формируются программы организации длительных миссий за пределы орбиты Земли, при которых осуществление доставок грузов будет затруднительно или невозможно. Организация санитарно-гигиенического обеспечения экипажа в таких условиях по аналогии с действующей на МКС, основанная на запасах увлажненных текстильных материалов и сменной одежды, требует больших затрат массы и объема. Для решения проблемы предложено проводить водные процедуры экипажа и стирку одежды с организацией замкнутого цикла санитарно-гигиенического водообеспечения.

В зависимости от набора оборудования для организации водных процедур и стирки для удовлетворения нужд одного космонавта в сутки расходуется от 2 до 9 литров воды. В связи с большими потоками санитарно-гигиенических вод, проведение их регенерации является обязательным условием.

Ранее прорабатывались способы регенерации санитарно-гигиенической воды методом фильтрования с последующей сорбционной очисткой [1], мембранными методами, в частности ультрафильтрацией и обратным осмосом [2,3]. Данные методы показали свою эффективность, но имеют ряд ограничений по использованию. Так система, основанная на фильтровании с последующей сорбционной очисткой, проходившая испытания на станции «Мир», может работать только при использовании диссоциирующих на ионы моющих средств. Ультрафильтрация не обеспечивает полной очистки воды и может применяться только в качестве ступени фильтрации в комбинации с обратным осмосом или сорбционной очисткой. Обратный осмос может использоваться в качестве самостоятельного метода регенерации санитарно-гигиенической воды, но ему, как и всем мембранным методам, присущи ограниченный ресурс и нестабильность параметров функционирования в зависимости от колебаний концентрации и температуры регенерируемой жидкости, свойств загрязняющих веществ и степени их взаимодействия с материалом мембран.

В настоящее время в АО «НИИхиммаш» ведется проработка способа регенерации санитарно-гигиенической воды методом вакуумной дистилляции. Процесс реализуется в центробежном многоступенчатом вакуумном дистилляторе по схеме вакуумирования заборным вакуумом и позволяет проводить очистку воды при использовании общепринятых моющих средств. Результа-

ты предварительных исследований показали высокую эффективность предложенного способа регенерации воды, при использовании которого принципиально достижима степень извлечения чистой воды 98–99 %. Полученный дистиллят после проведения сорбционной доочистки полностью соответствует требованиям нормативов [4] на санитарно-гигиеническую воду. При использовании метода вакуумной дистилляции удельные затраты массы и энергии относительно невелики и не превышают 0,02 кг и 100 Вт·ч на литр регенерированной воды, соответственно.

Важной перспективной задачей является создание универсальной системы регенерации воды, которая может перерабатывать водные потоки из различных источников образования как отдельно, так и в виде смеси. Экспериментально подтверждено, что дистилляционная система типа системы регенерации воды из урины (СРВ-У) может успешно выполнять функции регенерации санитарно-гигиенической воды. Регенерированная методом дистилляции вода после переработки в системе регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К потенциально может быть использована для питьевых целей.

В настоящем докладе представлены перспективы использования метода вакуумной дистилляции для регенерации санитарно-гигиенических вод, урины, а также смеси данных потоков. Проведен сравнительный анализ режимов работы дистилляционной аппаратуры применительно к регенерации конкретной жидкости. Представлены результаты экспериментальных исследований.

Литература

- [1] Бобе Л.С., Самсонов Н.М., Новиков В.М., Кочетков А.А., Солоухин В.А., Телегин А.А., Андрейчук П.О., Протасов Н.Н., Синяк Ю.Е. Перспективы развития систем регенерации воды обитаемых космических станций // Известия РАН. Энергетика. – № 1. – 2009. – С. 69–78.
- [2] Стариков С.Е., Короткова Т.П., Григорьева Е.Г. Разработка системы регенерации санитарно-гигиенической воды на основе баромембранных процессов для использования на борту межпланетных космических кораблей // Авиакосм. и экол. мед. – № 6/1. – 2008. – С. 72–74.
- [3] Сальников Н.А., Бобе Л.С., Кочетков А.А., Синяк Ю.Е. Регенерация санитарно-гигиенической воды на перспективных космических станциях // Авиакосм. и экол. мед. – № 5. – 2017. – Т. 51. – С. 47–54.
- [4] ГОСТ Р 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом корабле. Общие медико-технические требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 1995.

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., Стерин В.Ф., Рукавицын С.Н.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)
Андрейчук П.О., Запрягайло Е.Д.
(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев)**

Отделение жидкости от транспортного воздуха является важнейшей технической задачей в системах водообеспечения космических станций [1]. В условиях микрогравитации в качестве способов сепарации газожидкостной смеси (ГЖС) используется разделение через пористую гидрофильную перегородку (мембрану), разделение в центробежном поле и применение влагоудерживающего материала. Примерами успешной реализации данных способов разделения является аппаратура разработанных АО «НИИхиммаш» и РКК «Энергия» систем регенерации воды и водоподготовки.

В системе регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М, разработанной АО «НИИхиммаш» и эксплуатируемой на Международной космической станции (МКС), реализована двухступенчатая схема сепарации жидкости от воздуха с использованием молекулярных сил поверхностного натяжения. На первой ступени происходит разделение газожидкостной смеси в мембранном фильтре-разделителе (МФР). Вторая ступень, где разделение осуществляется металлокерамическими капиллярно-пористыми элементами, является страшной [2]. Основными преимуществами данных аппаратов являются отсутствие движущихся частей в конструкции, практическое отсутствие затрат электроэнергии на сепарацию и 100 % степень очистки жидкости от воздуха. К недостаткам относится ограниченный ресурс из-за забивки пористых мембран.

Примером реализации динамического разделения ГЖС является система приема и консервации урины СПК-УМ, разработанная АО «НИИхиммаш» и эксплуатирующаяся на МКС. Одним из основных агрегатов системы является центробежный насос-разделитель МНР-НС, в котором под действием центробежных сил происходит отделение консервированной урины от транспортного воздуха. Основными достоинствами данного разделителя являются полная сепарация сильно загрязненной жидкости (урины) от воздуха, высокая производительность по жидкости и низкое гидравлическое сопротивление при достаточно больших расходах газожидкостного потока, транспортирующего урину. К недостаткам можно отнести затраты энергии на сепарацию, наличие движущихся частей в аппарате, относительно большую массу и габариты.

При работе системы водообеспечения на МКС имеется также задача сепарации жидкости из емкостей от имеющихся включений воздуха. Режим сепарации и расходы сред в этом случае не обусловлены параметрами работы смежных систем СКВ и АСУ. Для подготовки воды для системы электролизного получения кислорода «Электрон-ВМ» используются циклонный сепаратор, разработанный РКК «Энергия», и установка сепарации УС, разработанная АО «НИИХиммаш», основанная на использовании МФР с подачей газожидкостной смеси при повышенном давлении. Оба устройства имеют недостатки. Эксплуатация циклонного аппарата требует постоянного присутствия экипажа и постоянного визуального контроля его работы, а в воде, отсепарированной в УС, с течением времени могут выделяться мелкие пузырьки растворенного воздуха, т.к. жидкость проходила через мембрану МФР под давлением.

В настоящее время в АО «НИИХиммаш» разработан и прошел испытания опытный образец насоса-сепаратора конденсата и воды (НС-КВ), предназначенный для осуществления процесса разделения ГЖС при подготовке воды для системы электролиза [3]. Габариты и масса центробежного насоса-разделителя ЦНС меньше, чем у МНР-НС. К основным техническим преимуществам аппарата можно отнести высокую степень очистки жидкости, продолжительный ресурс работы, малую энергоемкость, возможность программного регулирования числа оборотов ротора основного агрегата – центробежного насоса разделителя (ЦНС), значительное упрощение автоматического регулирования работы сепаратора за счет использования гидроавтоматов.

В настоящем докладе представлен сравнительный анализ используемых способов сепарации газожидкостной смеси и характеристики аппаратов.

Литература

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

[2] Бобе Л.С., Кочетков А.А., Капица А.А. и др. Испытания модернизированного оборудования с увеличенным ресурсом при эксплуатации системы СРВ-К2М на МКС. // Сб. материалов междунар. науч.-практ. конференции «Пилотируемые полеты в космос» (27–28 ноября 2013, Звездный городок, Российская Федерация). – М.: ИМБП РАН, 2013, С. 73–84.

[3] Бобе Л.С., Кирюхин А.В., Кочетков А.А., Павлов А.В., Рыхлов Н.В., Сальников Н.А. Использование гидравлического управления при центробежной сепарации жидкости из газожидкостной смеси в системах жизнеобеспечения. // Сб. материалов XII междунар. науч.-практ. конференции «Пилотируемые полеты в космос» 24–26 октября 2017 года, Звездный городок, 2017, С. 32–34.

ОПЫТ РАБОТЫ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ – СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ ИЗ УРИНЫ НА СРВ-У-РС

Бобе Л.С., Кочетков А.А., Аракчеев Д.В., Кирюхин А.В., Цыганков А.С.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)
Андрейчук П.О., Железняков А.Г., Романов С.Ю.
(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев)

Регенерация воды из урины является одной из важнейших составляющих водообеспечения экипажей в длительном пилотируемом космическом полете. Впервые в мировой практике система регенерации воды из урины СРВ-У работала на модуле «Квант» ОКС «Мир» [1]. За 9,5 лет эксплуатации из системы было получено 6000 литров регенерированной воды, использованной для электролизного получения кислорода. Система была основана на наиболее простом и надежном методе атмосферной мембранной дистилляции. Недостатком этого метода являются присущие паровоздушному тепловому циклу относительно высокие затраты энергии и ограниченный ресурс мембранного испарителя, определяемый забивкой мембран. В связи с этим для МКС была предложена система, основанная на методе вакуумной дистилляции в центробежном многоступенчатом вакуумном дистилляторе с введением тепловой энергии в контур циркулирующей урины термоэлектрическим тепловым насосом, что обеспечивает дополнительную к многоступенчатой выпарке рекуперацию теплоты конденсации [1, 2]. В такой системе удельные затраты энергии в 10 раз меньше, а производительность в 10 раз выше, чем в системе, работавшей на станции «Мир». По этому принципу была разработана и изготовлена система регенерации воды из урины СРВ-УМ для модуля МЛМ. В связи с задержкой введения МЛМ в состав МКС система была существенно переработана (с уменьшением габаритов и массы более, чем в два раза) в научную аппаратуру НА СРВ-У-РС, которую можно разместить в модуле МИМ-1. В рамках космического эксперимента «Сепарация» оборудование НА СРВ-У-РС было доставлено грузовыми кораблями «Прогресс», монтаж в МИМ-1 и работа с системой были начаты в апреле 2018 г. Предусмотрено два возможных варианта схемы работы оборудования: работа с блоком вакуумирования, обеспечивающим вакуумирование системы в атмосферу МКС, и работа с подсоединением к космическому вакууму. Переход с одной схемы на другую осуществляется путем перестыковки шлангов и кабелей. На первой стадии отрабатывается первый вариант.

При проведении КЭ подтвердились работоспособность процесса вакуумной дистилляции с центробежным многоступенчатым дистиллятором и термоэлектрическим тепловым насосом, полная сепарация паров, отсутствие

капельного уноса при испарении воды из урины, соответствие процессов тепло- и массообмена результатам наземных испытаний, требуемое качество и возможность использования дистиллята для получения электролизного кислорода и подачи в систему СРВ-К2М для получения питьевой воды.

Однако в самом начале эксплуатации выявилось наличие в урине взвесей грибкового характера, которые попали в дистиллятор и периодически нарушали циркуляцию урины. Ранее при более чем 10-летних наземных испытаниях забивка дистиллятора, в том числе после длительных перерывов в работе, не наблюдалась. Скорее всего, грибковая флора поступает в урину из атмосферы станции при транспортировке урины воздухом в системе АСУ-СПК-УМ. В ходе отработки в ручном режиме возможностей корректировки алгоритма СРВ-У-РС с принудительной подпиткой дистиллятора уриной для обеспечения промывки и восстановления циркуляции в июне 2018 г. произошел залив корпуса ЦМВД, приведший в октябре 2018 г. к выходу из строя дистиллятора из-за неисправности электропривода ротора или коррозии подшипников. На станцию оперативно доставили дополнительное оборудование, фильтр для урины и новый блок дистилляции.

С апреля 2019 г. начат второй этап КЭ. После монтажа нового блока дистилляции, фильтра и проверки работы на воде проводится отработка процесса регенерации воды из урины. Забивки трактов взвесями не наблюдается. Качество дистиллята удовлетворяет предъявляемым требованиям. 9.07.19 дистиллят подан через блок БПК в систему СРВ-К2М для получения питьевой регенерированной воды. В докладе рассмотрены научные результаты КЭ и особенности эксплуатации НА СРВ-У-РС.

Следует подчеркнуть, что проведение летных испытаний НА СРВ-У-РС обеспечено благодаря высококвалифицированной работе экипажей экспедиций МКС 55–59.

Литература

- [1] Бобе Л.С., Самсонов Н.М., Новиков В.М., Кочетков А.А., Солоухин В.А., Телегин А.А., Андрейчук П.О., Протасов Н.Н., Синяк Ю.Е. Перспективы развития систем регенерации воды обитаемых космических станций // Известия РАН. Энергетика. – № 1. – 2009. – С. 69–78.
- [2] Бобе Л.С., Кочетков А.А., Цыганков А.С., Романов С.Ю., Андрейчук П.О., Железняков А.Г., Синяк Ю.Е. Системы регенерации воды космических станций, основанные на физико-химических процессах//Proceedings of the 63rd IAC. – 2012. October 1–5, 2012, Napoli, Italy. – Paper 12-A1.6.2. – P. 1–12.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ ИЗ КОНДЕНСАТА АТМОСФЕРНОЙ ВЛАГИ СРВ-K2M НА МКС

**Бобе Л.С., Кочетков А.А., Меньшикова И.Д., Цыганков А.С.
(АО «НИИХиммаш», г. Москва)
Андрейчук П.О., Запругайло Е.Д., Железняков А.Г., Романов С.Ю.
(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев)
Синяк Ю.Е.
(ГНЦ ИМБП РАН, г. Москва)**

Система типа СРВ-К работала на всех российских (советских) орбитальных космических станциях «Салют-4,6,7», «Мир» и МКС [1,2]. Система постоянно совершенствовалась. Блочно-модульное построение системы позволяло вводить усовершенствования не только от станции к станции, но и в процессе полета. При разработке и модернизации системы учтены жесткие, особенно для станции «Салют», ограничения массы, габаритов и энергопотребления. При этом обеспечиваются надежная очистка и полное обеззараживание питьевой регенерированной воды.

Для регенерации воды из конденсата атмосферной влаги в системе СРВ-K2M МКС используется сорбционно-каталитический метод с последующей минерализацией, консервацией серебром и пастеризацией очищенной воды. Конденсат атмосферной влаги поступает из системы кондиционирования воздуха в виде газожидкостного потока. Предусмотрена также подача других жидкостей, в частности конденсата из американского сегмента и воды с просроченными гарантиями, с помощью блока подачи конденсата БПК. После очистки от механических загрязнений в фильтре ФГС, конденсатовоздушный поток поступает в фильтр-реактор ФР, в котором осуществляется сорбционно-каталитическое окисление содержащихся в конденсате органических примесей до ионообразующих веществ. Окисление происходит при температуре и давлении атмосферы станции и не требует затрат электроэнергии. Далее осуществляется отделение жидкости от воздуха в статическом сепараторе за счет молекулярных сил поверхностного натяжения. Конденсат отсасывается через капилляры пружинной мембранной емкостью постоянного разрежения, а воздух выходит в атмосферу. Процесс сепарации также происходит практически без затрат внешней энергии. При каждом заполнении мембранной емкости конденсат откачивается механическим насосом в следующую ступень очистки. В блоке колонок очистки БКО осуществляются дополнительное окисление органических веществ за счет запасенного катализатором кислорода, ионообменная и сорбционная очистка. Очищенная вода поступает для контроля качества (по электропроводности) в сигнализатор проскока приме-

сей СПП и далее в блок кондиционирования воды для насыщения пищевыми солями и консервации ионным серебром. При несоответствии требуемому качеству очищенная вода перенаправляется в контейнер технической воды для повторной регенерации. За все время полета МКС такой ситуации при очистке воды не наблюдалось. Регенерированная вода поступает в контейнер питьевой воды (в настоящее время используется емкость ЕДВ) и по мере необходимости отбирается насосом блока раздачи и подогрева БРП для нагрева, пастеризации и раздачи экипажу для питья, приготовления пищи и напитков.

Принятый в системе сорбционно-каталитический процесс очистки и способ статической сепарации обеспечивают уникально малые удельные затраты электроэнергии на регенерацию – не более 2 Вт·ч на 1 литр получаемой воды. С учетом нагрева для получения горячей воды среднесуточная мощность при использовании системы тремя космонавтами составляет 30 Вт. Удельные затраты массы составляют 0,08 кг на 1 литр регенерированной воды. Анализ замен выработавшего ресурс оборудования показывает, что наибольшие затраты приходятся на разделители (забивка пор трубок) и БКО (выработка ресурса шихты). При модернизации системы во время полета МКС введена двухступенчатая схема сепарации с дополнительным мембранным фильтром-сепаратором МФР, увеличившая ресурс узла сепарации более, чем в 10 раз. В настоящее время планируются работы по увеличению ресурса блока БКО и узла очистки в целом.

В период с 02.11.00 г. по 01.07.19 г. во время МКС 1–59 система обеспечила прием и регенерацию 21611 л конденсата атмосферной влаги и переработку 12379 л воды из запасов. Всего из системы получено 33990 литров питьевой воды. Качество регенерированной воды по физико-химическим и микробиологическим показателям полностью соответствует совместным российско-американским нормативам и ГОСТ Р 50804-95 на регенерированную питьевую воду. Среднее поступление конденсата составило 1,5 литра на человека в сутки.

Литература

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

[2] Бобе Л.С., Кочетков А.А., Цыганков А.С., Романов С.Ю., Андрейчук П.О., Железняков А.Г., Синяк Ю.Е. Системы регенерации воды космических станций, основанные на физико-химических процессах // Proceedings of the 63rd IAC. – 2012. October 1–5, 2012, Napoli, Italy. – Paper 12-A1.6.2. – P. 1–12.

ИТОГИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ КИСЛОРОДА «ЭЛЕКТРОН-ВМ» НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)

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

На 31.08.2019 г. СГК «Электрон-ВМ» на МКС наработала (без учета стоянок) 4509 суток (12,4 года), выработала 10891 кг O_2 (на 12706 человеко-суток), потребила 12495 кг воды (12252 кг на электролиз и 243 кг унос пара с электролизными газами). Трудозатраты экипажа на обслуживание СГК (с 2006 г.) ≈ 5 человеко-часов на 100 кг O_2 . Замена компонентов СГК происходила: ТБ (ресурс 365 суток наработки, 7 лет с момента изготовления) – при неустраняемом отказе, БССК (ресурс 9900 часов) и КСК (ресурс 3 года) – без отказа, после многократной переработки ресурса. С 2000 г. в СГК использовано (включая работающие сейчас): ТБ (масса 160 кг) – 8 шт., БССК (масса 3,5 кг) – 6 шт. (включая 1 шт. бортовой ЗИП), КСК (масса 1 кг) – 2 шт., дополнительное нештатное оборудование (включая ЗИП) – 79 кг. В системах, обеспечивающих СГК, использовано: блок продувки азотом (наддув азотом ТБ, масса 15 кг) – 10 шт., блок колонок очистки – БКО (очистка воды для подпитки ТБ, масса 18 кг) – 31 шт., оборудование системы электропитания для электролизера (источники питания, фильтры) – 74 кг, оборудование системы обеспечения газового состава (газоанализаторы и др.) – 25 кг.

Главные достоинства СГК (и ТБ), выявленные эксплуатацией на МКС:

- средние удельные энерготраты при электролизе $8,2^{+0,1}$ Вт-час на нормальный литр O_2 (при теоретически возможном минимуме 7,1 Вт-час/л O_2) и менее 10 Вт на все оборудование (БССК, насосы, клапаны, датчики);
- стабильность характеристик во времени и при выработке ресурса;
- многократные (сотни раз) включения-отключения и стоянки длительностью от менее часа, до более месяца без каких-либо специальных работ;
- устойчивость к нештатным ситуациям (НШС).

Развитие СГК «Электрон-ВМ» за период эксплуатации на МКС [2]:

- постоянная модернизация новых ТБ по итогам эксплуатации;
- перенос производства ТБ и его аппаратов в «НИИхиммаш»;
- создана система сопровождения эксплуатации, включая сбор данных;
- разрабатывается системный подход к СГК и оценке ее состояния;

– наработка ТБ на МКС достигла 1265 суток до отказа у предыдущего ТБ 009 (изготовлен 2005 г., работа на МКС 2006–2011 гг.) и 1794 суток без отказа у текущего ТБ 011 (изготовлен 2008 г., работа на МКС с 2011 г.);

– минимизация НШС на борту; при работе ТБ 011 было всего 7 НШС, из них 4 самоустранились за счет устойчивости ТБ к НШС, 2 устранены проведением работ экипажем и 1 (связанная не с ТБ, а с управлением СГК) устранена с Земли внесением изменений в программу управления;

– для устранения НШС, продления ресурса и повышения безопасности создан и применен комплект дополнительного оборудования для ТБ.

Основные недостатки, выявленные эксплуатацией СГК на МКС (в том числе, связанные с окружением и взаимодействием системы на борту) [2]:

– нет автономного управления (≈ 50 % всех отключений СГК – краткие отключения на несколько часов, из-за работ с БВС, не связанных с СГК);

– при пуске – чувствительность насосов ТБ к наличию свободного газа в воде, поданной ранее для подпитки ТБ (накопление газа в жидкости в ТБ);

– трудозатраты на сепарацию газа из воды для ТБ ($\approx 2/3$ всего времени обслуживания СГК на борту) и недостатки технологии процесса сепарации;

– ресурс БКО по очистке воды для ТБ ≈ 300 литров;

– недостатки в получении информации о параметрах СГК с МКС.

Дальнейшее развитие СГК (главным образом, ТБ) на МКС:

– достичь 7 лет наработки для ТБ;

– определить предел по ресурсу ТБ и аппаратов в его составе;

– исследование влияния микропримесей в воде для подпитки ТБ на напряжение электролиза за длительный период (т.к. будет использоваться вода, регенерируемая из урины и, в будущем, из системы переработки CO_2);

– прогноз (в максимально возможной степени) технического состояния СГК и, как составная часть прогноза, исследование динамических процессов в ТБ и развитие методик сбора и обработки информации с борта МКС.

Сегодня СГК «Электрон-ВМ» по своим характеристикам может быть базовой системой для обитаемых космических станций, дальних пилотируемых полетов (Марс, астероиды и др.) и планетных баз на Луне и Марсе.

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.

[2] Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А., Кочетков А.А., Гаврилов Л.И. Вопросы эксплуатации регенерационных систем обеспечения газового состава Российского модуля Международной космической станции. // Труды МАИ. – № 65. – 2013. – С. 1–21. – Электронный ресурс, создан 19.06.2013 г. <http://trudymai.ru/published.php?ID=35841>.

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА

**Бутылкин Ю.П., Коган И.Л., Валага Ю.И., Ерофеев Д.С., Кочетков А.А.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)**

Рассматриваются результаты испытаний химико-технологической системы переработки метаболитического диоксида углерода до воды и метана (СПДУ) [1], которая относится к системам второго уровня системы обеспечения газового состава (СОГС). В свою очередь СПДУ включает в себя подсистемы третьего уровня, которые в данном случае называются блоками – блок концентрирования диоксида углерода (БКДУ) и блок гидрирования диоксида углерода (БГДУ). Ко второму уровню рассматриваемой ХТС относится также пульт управления, который является информационным и управляющим центром системы, обеспечивающей работу системы в автоматическом режиме.

СПДУ предназначена для получения воды за счет каталитической реакции диоксида углерода, выделяемого из воздуха в блоке концентрирования, с водородом, производимым системой «Электрон-ВМ». Реакция гидрирования диоксида углерода протекает в автотермическом режиме (без потребления энергии) при соотношении расхода водорода к расходу диоксида углерода равным $4 \pm 0,1$. Конденсация паров воды осуществляется при температуре от 2 до 4 °С, обеспечивая минимальные потери воды с выбрасываемым за борт метаном. Вместе с метаном выбрасываются также не прореагировавшие диоксид углерода и водород. Кроме того, метан содержит также некоторое количество азота, количество которого определяется концентрацией получаемого в БКДУ диоксида углерода.

В основе концентрирования диоксида углерода лежит хемосорбция CO_2 неорганическим поглотителем. Десорбция диоксида углерода осуществляется перегретым водяным паром [2].

Система СПДУ потребляет электроэнергию, которая превращается в тепло и механическую работу, причем подавляющая часть тепла сбрасывается в СТР, некоторая часть от нагретых до температуры не более 35 °С поверхностей машин системы и аппаратов отводится окружающим воздухом.

Удельные характеристики СПДУ, как системы второго уровня в иерархии ХТС, включают удельные затраты электроэнергии, диоксида углерода и водорода на получение воды, удельный сброс тепла в систему терморегулирования, удельные энергозатраты и т.п. В таблице приведены некоторые удельные характеристики СПДУ.

Технологические характеристики системы СПДУ

Параметр системы	Значение параметра
Производительность по воде, г/час	60,6
Суточная производительность, г воды/сутки	1454
Среднесуточная потребляемая мощность, Вт	995
Максимальная потребляемая мощность, Вт, не более	1200
Количество перерабатываемого CO ₂ , м ³ /сутки	0,96
Количество перерабатываемого водорода, м ³ /сутки	3,84
Количество выбрасываемого за борт метана с примесями, м ³ /сутки	1,27
Удельные затраты электроэнергии, Вт-час/г H ₂ O	16,4
Удельные потери CO ₂ с метаном, нл/кг воды	6,5
Удельные потери H ₂ , нл/кг воды	114
Удельные потери H ₂ O, г/кг воды	9,5
Удельные потери N ₂ , нл/кг воды	5,4
Потери CO ₂ с метаном, нл/сутки	94,4
Потери H ₂ , нл/сутки	166,3
Потери N ₂ , нл/сутки	7,9
Потери H ₂ O, г/сутки	13,8

Литература

[1] Бобе Л.С., Бутылкин Ю.П., Кочетков А.А., Андрейчук П.О., Железняков А.Г., Романов С.Ю., Синяк Ю.Е. Регенерационное жизнеобеспечение перспективных космических станций. // Научно-практическая конференция с международным участием «Космонавтика XXI века», г. Королев – 19.10.2016 г.

[2] Гранкина Ю.А., Шубина В.Н., Елизарова В.А., Донских В.В. Синтез регенерируемого поглотителя диоксида углерода на основе гидратированного оксида циркония для концентрирования и удаления CO₂ в обитаемых замкнутых объемах. // Журнал прикладной химии.—№ 1, – 2016. – Т. 89. – С. 44–49.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА САБАТЬЕ

Коган И.Л.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)

Для выбора конструктивных параметров функционального блока гидрирования диоксида углерода (ФБГДУ) разработана обобщенная методика, основанная на результатах компьютерных, проведенных на созданной имитационной модели блока реактора Сабатье (БР), и натурных испытаний экспериментальных образцов БР.

Основы методики подразумевают применение системного анализа к выбору конструктивных параметров ФБГДУ, основные положения которого могут быть сформулированы как:

- макроподход, при котором главное внимание уделяется связям разрабатываемого объекта с другими системами, а не его детальной внутренней структуре;
- функциональный подход, характеризующийся при исследовании объекта передачей приоритета его целям и функциям;
- при его применении следует сопоставить необходимое и возможное, желаемое и достижимое, полезный эффект и имеющиеся для этого ресурсы;
- при принятии конструктивных и технологических решений необходимо учитывать их последствия для всех систем, которые они затрагивают.

Первым этапом методики выполняется расчет термодинамического равновесия реакционной зоны, определяющий влияние условий проведения реакции (расход и соотношение реагентов, распределением температур в слое, давление) на равновесный состав прореагировавшей смеси. Выбираются условия, обеспечивающие достижение требуемого выхода по целевому продукту.

Наличие математического описания процесса Сабатье, качественно и количественно описывающего процессы в слое катализатора позволяет разработать математическую модель реактора, дополняя математическое описание процессов в слое уравнениями, описывающими взаимодействие реакционной зоны с остальными элементами: нагревателем, рекуператором и конденсатором и далее добавляя уравнения вспомогательных внешних устройств, как термоэлектрический холодильник, разделитель, блок перекачки конденсата. Взаимодействие задано в виде граничных условий третьего рода. Такой подход позволяет использовать большую часть алгоритмов, описывающих течение реакции в описании всего блока в целом.

Математическая модель всего блока в целом позволит провести численное исследование функционирования объекта при различных технологи-

ческих, конструктивных и эксплуатационных параметрах и определить его конструктивные возможности: максимальный диапазон параметров, работая в которых блок соответствует требованиям технического задания.

Анализ результатов вычислительных экспериментов, проведенных при различных условиях позволяет выделить факторы, оказывающие существенное влияние на величину температуры и характер распределения температур в слое и, следовательно, достигаемую степень превращения.

Совместное рассмотрение диапазонов изменения выбранных параметров, определяемых условиями эксплуатации блока и выбранной конструкцией, позволяет выбрать направление их оптимизации.

Литература

[1] Коган И.Л. Расчетно-экспериментальный анализ работы реактора гидрирования диоксида углерода // Журнал «Труды МАИ», Выпуск № 82 – 2015 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ АТМОСФЕРЫ ОТ МИКРОПРИМЕСЕЙ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Щеглова Е.В., Валага Ю.И., Кочетков А.А., Бутылкин Ю.П., Фарафонов Н.С.

(АО «НИИхиммаш», г. Москва)

Гузенберг А.С., Юргин А.В.

(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев)

Российская система очистки атмосферы от микропримесей – средства блока очистки от микропримесей (СБМП), успешно эксплуатируется на борту Международной космической станции (МКС) с 31.10.2000 г. [1]. СБМП состоит из комплекта патронов очистки (КПО) [2], вентилятора, вакуумной арматуры и соединяющих их газовых магистралей. За весь период работы системы СБМП на МКС качество атмосферы на борту и содержание в ней микропримесей соответствовало норме, аппараты в составе СБМП полностью выполняли свои функции. При эксплуатации системы возникли случаи нештатных ситуаций, что послужило предпосылками для модернизации системы. Модернизация позволит устранить предпосылки для возникновения нештатных ситуаций, упростить обслуживание и полностью автоматизировать работу системы, снизить массу и энергопотребление аппаратов, повысить эффективность и надежность их работы.

Модернизация системы СБМП состоит в оформлении системы в виде моноблока с автоматическим управлением, включая автоматическое управление всеми вакуумными клапанами с ручным дублированием. Модернизация

патронов затрагивает их конструкцию, доработка которой приведет к улучшению эффективности их работы. Для оценки рабочих параметров КПО и их оптимизации использовался анализ математических 3х-мерных моделей патронов в среде программных комплексов. Проводилась моделирование гидродинамической и тепловой работы аппаратов.

Патрон ФОА – фильтр адсорбционный нерегенерируемый накопительный, предназначенный для адсорбции тяжелых углеводородов (бензол, этилацетат, циклогексан и т.д.), заполненный сорбентом – активным углем. Для улучшения работы всего внутреннего слоя угля, выравнивания распределения потока внутри сорбента и уменьшения гидравлического сопротивления и массы фильтра применен потоковый распределитель воздуха.

Комплект патронов ЗПЛ – адсорбционные регенерируемые патроны, предназначены для адсорбции легких углеводородов (этанол, формальдегид, ацетон и т.д.). Для улучшения работы внутреннего слоя угля, выравнивания гидравлического распределения потоков воздуха и для уменьшения массы при разработке применены следующие решения:

- оптимизация внутреннего ребрения и корпуса;
- замена типа и конструкции термодатчиков для повышения надежности;
- снижение массы и габаритов патрона по результатам прочностного программного анализа.

Патрон ПКФ – каталитический фильтр предназначенный для холодного окисления H_2 и CO . Для улучшения работы применены следующие инженерные решения:

- применен потоковый распределитель воздуха для обеспечения равномерного распределения воздуха по всему объему патрона;
- применение двойного слоя шихты в фильтре;
- использование химического поглотителя купрамита или аналогичного по свойствам для защиты катализатора, т.к. анализ спущенного с борта МКС патрона показал, что катализатор подвергается отравлению серосодержащими соединениями.

Патрон ПКФ-Т – каталитический фильтр для горячего окисления CH_4 . Патрон ПКФ-Т был введен в состав СБМП с 03.07.2003 г. Преимущественно, ПКФ-Т находится в «холодном» режиме с постоянной продувкой воздуха через катализатор.

Для улучшения эффективности работы применены следующие решения оптимизации конструкции с целью снижения габаритных размеров:

- оптимизация проточных зон патрона с исключением застойных зон, улучшение распределение воздушного потока по поверхности катализатора;
- использование высокоэффективного рекуператора.

Литература

[1] Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А., Кочетков А.А., Гаврилов Л.И. Вопросы эксплуатации регенерационных систем обеспечения газового состава Российского модуля Международной космической станции. // Труды МАИ. – № 65. – 2013. – С. 1–21. – Электронный ресурс, создан 19.06.2013 г. <http://trudymai.ru/published.php?ID=35841>.

[2] Щеглова Е.В., Прошкин В.Ю. Сорбционные и каталитические аппараты российской системы очистки атмосферы от микропримесей на Международной космической станции. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – № 7, спецвыпуск. – 2018. – Т. 52. С. 269–270.

ИМИТАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

**Курмазенко Э.А., Коган И.Л., Коробков А.Е., Кочетков А.А.,
Прошкин В.Ю., Цыганков А.С.
(АО «НИИхиммаш», г. Москва)**

Проблема создания ультранадежной системы жизнеобеспечения на основе физико-химических технологий преобразования продуктов метаболизма экипажа в исходные компоненты среды обитания является в настоящее время определяющей для осуществления длительных космических миссий к планетам солнечной системы.

Определяющими факторами при проектировании интегрированной системы жизнеобеспечения (ИСЖО) являются: программа космической миссии, тип летательного аппарата, характеристики служебных бортовых систем и действующие ограничения на создание системы.

По существу, рассматривается проблема создания эколого-технической системы (ЭТС) в качественно новой среде, не имеющей аналогов на Земле и в Космосе, существенными отличительными свойствами которой являются:

- экипаж является решающим звеном ЭТС, определяющим цель ее создания, функционирование и развитие;
- необходимость формирования технологической структуры ИСЖО на конечном множестве функциональных блоков, реализующих искусственно организованные технологии;
- резервный фонд, определяющий устойчивость функционирования ИСЖО ограничен объемом обитаемых модулей.

ИСЖО при проектировании рассматривается как абиотическая часть ЭТС, обладающая определенной технологической структурой, закономерности функционирования которой определяются в каждый момент времени сопряженными состояниями системы и внешней окружающей среды.

При проектировании подобных систем особую роль на этапе внешнего проектирования играет имитация функционирования ИСЖО в составе межпланетного пилотируемого аппарата по сценарию выполнения космической миссии.

В докладе приведены результаты работ, выполненные в данном направлении начиная с 1984 г. формированием первой имитационной модели модуля обеспечения орбитального космического комплекса «Мир», в которых принимали участие сотрудники Московского авиационного института, Научно-исследовательского и конструкторского института химического машиностроения, Института медико-биологических проблем, Научно-исследовательского института им. В.П. Чкалова, Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина [1].

Приведены выработанные требования к формализованным функциональным описаниям отдельных систем и функциональных блоков ИСЖО. Рассмотрены применяемые подходы [2] к имитации их функционирования на основе модифицированной теории конечных автоматов и агрегированных схем и уровней внешней относительно ИСЖО среды. Описаны результаты моделирования ИСЖО, полученные при использовании виртуальных имитаторов при проведении наземного медико-технического эксперимента «МАРС-500» в ИМБП РАН [3].

Литература

[1] Kurmazenko E.A., Fomichev A.A., Dokunin, I.V. Functions simulation model of integrated regenerable life support system. // 22nd International Conference on Environmental Systems (Seattle, Washington, USA). July 13–15, 1992. – SAE Publication. 921201 – P. 1–15.

[2] Harry W. Jones. How Should Life Support Be Modeled and Simulated? // 47th International Conference on Environmental Systems (Charleston, South Carolina, USA). July 16–20, 2017. – ICES Publication. ICES-2017-306. – P. 1–11.

[3] Kurmazenko E., Tsygankov A., Kochetkov A., Khabarovskiy N., Kamaletdinova G. Interaction Analysis in The Man-IRLSS System Under Mars-500 Project on Base of Virtual Simulators. // 63rd International Astronautical Congress 2012 (Naples, Italy). October 1–5, 2012. – Paper IAC-12.A1.6.9. – P. 1–7.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ПО СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЕЙ

Васильев М.В.

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

Технические средства подготовки космонавтов (ТСПК) предоставляют широкие возможности для отработки навыков выполнения повседневных операций, которые предстоит выполнять членам экипажей МКС в полете, а также отрабатывать операции по действиям в нештатных ситуациях. Однако эти

средства не позволяют имитировать процессы, связанные с безопасностью экипажа, и факторы космического полета.

В некоторых случаях на помощь приходят технологии 3D-моделирования, которые активно развиваются и находят применение в процессе подготовки космонавтов, астронавтов, специалистов по подготовке космонавтов и управлению полетами.

Виртуальная реальность не заменяет, но существенно дополняет возможности ТСПК по способам представления информации, моделирования процессов, протекающих в бортовых системах, и, в конечном счете, создания у обучаемых образно-концептуальной модели космического полета.

В докладе рассмотрены вопросы подготовки космонавтов по системе управления инвентаризации с применением средств подготовки космонавтов, использующих технологии виртуальной реальности: стенда виртуальной реальности и системы визуализации грузового отсека ТГК типа «Прогресс» и стенда системы управления инвентаризацией.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЕТНЫХ ПРОЦЕДУР В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ДЕТАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ПОЛЕТА

Козлечков А.Г.

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Коваленко А.А., Беляев А.М.

(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев Московской области)

В рамках модернизации автоматизированной системы планирования АСП РС МКС была начата разработка подсистемы автоматизированного создания полетных процедур (ПАСПП).

В принятой терминологии планирования под полетной процедурой понимается описание комплекса управляющих воздействий, а также действий персонала ЦУП и космонавтов, направленных на достижение заданной цели. Как правило, элементы полетной процедуры объединены в шаги и подшаги, для каждого из которых могут быть заданы временные и баллистические условия его выполнения, а также способы выдачи управляющих воздействий.

В качестве примеров типовых полетных процедур можно привести стыковку с ТПК или коррекцию орбиты.

Основной целью разработки ПАСПП являлся переход от представления полетных процедур в виде слабо структурированных текстовых документов (инструкций) к их описанию в формализованном машинно-читаемом виде, пригодном для дальнейшей автоматизированной обработки.

Для ввода процедур в формализованном виде был разработан специализированный предметно-ориентированный алгоритмический язык – Формальный язык Описания Процедур (ФОПР), а также программная среда разработки, позволяющая:

- выполнять синтаксический и логический контроль корректности вводимых процедур, включая контроль соблюдения условий и ограничений внутри процедуры, контроль соответствия исходным данным и реализуемости процедуры;
- реализовать альтернативную форму ввода полетных процедур с помощью WYSIWYG-подобного графического интерфейса;
- выполнять публикацию процедур в виде текстовых документов, соответствующих требованиям ЕСКД.

В дальнейшей перспективе, связанной с работами по модернизации АСП предполагается:

- разработка форматов данных и интерфейсов экспорта-импорта для получения исходных данных (форм обмена данными, в том числе, баллистическими), необходимых для формирования актуализированных процедур, в соответствии с планируемыми полетными операциями;
- интеграция механизма работы с полетными процедурами в процесс разработки детальных планов полета, в рамках которой будут введены информационные связи между элементами процедуры и их графическими обозначениями в ДПП;
- ввод в выходной ДПП, сформированный с использованием формализованных полетных процедур, календарных времен реализации команд и управляющих воздействий, режимов систем и станции с помощью бортовых комплексов отложенного управления (СПП, РСС, ПВУ, БПП и т.д.). Необходимые данные могут поступать через внешний интерфейс от доработанной системы математического моделирования работы комплексов отложенного управления БВС.

В докладе предполагается привести иллюстрированный пример работы предварительной версии программного алгоритма для автоматизированного размещения в ДПП элементов полетной процедуры, а также для контроля корректности процедуры при манипуляциях с ее элементами в ДПП.

При включении процедуры в ДПП пользователь имеет возможность видеть полный состав элементов процедуры, которые необходимо разместить на временной шкале в различных разделах ДПП, а также состав уже размещенных в плане элементов.

При перемещении по временной шкале элемента процедуры, например, управляющего воздействия (УВ), представленного в ДПП графическим символом, пользователю выдается следующая дополнительная информация:

- визуальная подсказка в виде подсвеченных интервалов на временной шкале, на которых обеспечиваются необходимые условия его выполнения;
- текстовая подсказка, содержащая формулировку данных условий.

Если к размещаемому или перемещаемому по временной шкале элементу процедуры жестко привязаны по времени другие элементы, то они будут размещаться или перемещаться автоматически.

АДАПТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАВЫКОВ СИТУАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СМЕННЫХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПОЛЕТА И СПЕЦИАЛИСТОВ ГОГУ

Душенко А.Г., Кривчун В.Н.

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Огурцов С.С.

(РКК «Энергия», г. Королев)

Мороков А.Л.

(ООО «НПК «Разумные решения», г. Самара)

Адаптивный тренажер специалистов Главной оперативной группы управления (ГОГУ) создается для формирования и восстановления навыков действий сменных руководителей полета при возникновении аварийных ситуаций на Российском сегменте (РС) МКС.

Назначение разрабатываемого адаптивного тренажера – поддержка тренировок наземного персонала оперативных смен ГОГУ в Центре управления полетом (ЦУП) РС МКС по действиям при возникновении аварийных ситуаций на борту МКС.

В составе тренажера реализованы клиентские места сменного руководителя полета (СРП) и специалистов оперативных смен ГОГУ (клиентское место «Обучаемый»), экипажа поддержки (клиентское место «Экипаж поддержки», имитирует работу штатного экипажа МКС) и инструктора (клиентское место «Инструктор»).

На клиентских местах «Обучаемый» отображаются имитируемая телеметрическая информация о состоянии бортовых систем и параметров среды РС МКС, мнемосхема бортового пульта аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) и мнемосхема Автоматизированной системы поддержки принятия решений в аварийных ситуациях (АСППР).

На клиентском месте «Экипаж поддержки» будут отображаться мнемосхемы бортового пульта АПС и АСППР с реализацией возможности воздействия на элементы мнемосхем (закрытие и открытие люков между модулями и кораблями РС и АС МКС, нажатие кнопок на пульте АПС и т.д.)

Клиентское место «Инструктор» предоставляет возможность задания исходных данных для тренировки, составления списка специалистов, участвующих в тренировке, составления плана ввода нештатных ситуаций, контроля прохождения тренировки и просмотра отчета о проведенной тренировке по ее окончании. В составе клиентского места «Инструктор» разработан специализированный редактор описаний нештатных ситуаций.

Также в составе тренажера планируется реализация функции автоматического оценивания правильности действий тренирующихся специалистов с выставлением оценок.

При моделировании аварийных ситуаций используется программно-математическая модель, созданная в рамках АСППР.

Программное обеспечение тренажера разработано в соответствии с принципами архитектуры «клиент-сервер» и установлено на рабочие станции в составе ЛВС ГОГУ в ЦУП.

Тренажер обеспечивает моделирование состояния оборудования и параметров среды РС МКС, реакцию на действия членов экипажа и специалистов ГОГУ, отражаемых в кадрах телеметрической информации при возникновении следующих аварийных ситуаций:

- разгерметизация МКС;
- пожар на МКС;
- выброс токсичных веществ;
- выброс аммиака в атмосферу МКС.

ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЕДЕНИЮ СВЯЗИ МЕЖДУ ЭКИПАЖЕМ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ И ЦЕНТРОМ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ

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)

Существенное увеличение объема и сложности задач, выполняемых экипажем при реализации современных и перспективных программ полетов пилотируемых космических аппаратов (ПКА), а также возрастание требований к эффективности использования пилотируемых орбитальных комплексов выдвигают в число первоочередных проблему организации и ведения связи между экипажем ПКА и наземными службами управления.

Данная проблема существует с момента начала выполнения пилотируемых космических полетов. Все наземные специалисты, участвующие в ведении связи с экипажем ПКА должны понимать, что они выполняют функцию дирижера психологического климата в коллективе (экипаже) ПКА [1].

Основными принципами ведения связи с экипажем ПКА являются:

- говорить ясно и отчетливо, скорость речи не должна превышать 100 слов в минуту;
- сохранять громкость передачи информации на постоянном уровне;
- переговоры должны быть краткими, технически грамотными, вестись с соблюдением правил произношения отдельных слов, четкой дикцией, исключением «слов-паразитов» и звуков запинания;
- допускается использование слов приветствия и благодарности;
- во время ведения переговоров с экипажем недопустимы любые некорректные и негативные высказывания на любые темы и т.д. [2].

В докладе проводится анализ особенностей ведения связи с экипажем МКС и приведены основные методические рекомендации по ведению связи с экипажем при выполнении штатных полетных операций, возникновении нештатной или аварийной ситуации, выполнении внекорабельной деятельности, а также приведены конкретные примеры правильного ведения радиообмена. Опыт их практического использования позволил повысить оперативность и эффективность выполнения экипажем МКС полетных задач, сократить ошибочную деятельность экипажа.

В настоящее время специалисты ЦУП и члены экипажа МКС стараются поддерживать гармоничные и слаженные отношения и соответствующий уровень взаимного доверия и уважения, а также учитывать международный характер программы МКС и участие в ней представителей различных культурных традиций.

Литература

[1] Аникеева Н.П. Психологический климат в коллективе. – М.: Просвещение, 1989. – 224 с.

[2] Приказ Минтранса России от 26.09.2012 № 362 «Об утверждении Федеральных авиационных правил. Порядок осуществления радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте России 09.04.2013 № 28047).

АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ РС МКС ПО РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

**Медведев А.А., Харченко М.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Эксплуатация Международной космической станции (МКС) в пилотируемом режиме включает следующие основные виды деятельности экипажей:

- динамические режимы (стыковки и расстыковки транспортных пилотируемых кораблей и российских, американских, европейских и японских транспортных грузовых кораблей);
- выполнение материально-технического обслуживания бортовых систем;
- проведение ремонтно-восстановительных работ приборов и оборудования;
- выполнение программы научно-прикладных исследований и экспериментов;
- осуществление выхода в космическое пространство;
- выполнение разгрузочно-погрузочных работ;
- проведение бортовых тренировок по действиям в аварийных ситуациях;
- выполнение медицинских мероприятий по поддержанию здоровья и работоспособности экипажа.

В докладе рассматривается один из видов профессиональной деятельности – ремонтно-восстановительные работы приборов и оборудования. Проводится анализ состава систем, с которыми выполняются ремонтные работы, особенности проведения операций, распределение систем и частота обращения к ним в процессе работ.

Показано сравнительные оценки трудозатрат российских членов экипажей МКС-45/46–МКС-57/58/59 при выполнении ремонтно-восстановительных работ за период 2016–2019 годов.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы при разработке типовой программы комплексной подготовки экипажей МКС с учетом текущего состояния систем и оборудования на российском сегменте МКС.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПРОВЕДЕНИЯ ФОТОСЪЕМКИ НА БОРТУ РС МКС

Коротких В.В., Солодов Н.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В процессе выполнения программы космического полета космонавты постоянно используют фотоаппаратуру:

- при фотосъемке объектов Земной поверхности, небесных светил и околоземного пространства через иллюминаторы Международной космической станции (МКС);
- при выполнении многочисленных космических экспериментов внутри МКС;
- при проведении внекорабельной деятельности.

Качество фотоснимков, получаемых с борта МКС, имеет большое значение для специалистов и ученых при анализе и обобщении полученных результатов.

При фотосъемке неподвижных объектов (сюжетов), космонавт имеет возможность оценивать качество фотоснимка по сенсорному экрану фотокамеры путем увеличения полученного фотоизображения на экране. Однако при фотосъемке наземных объектов через иллюминаторы МКС это не всегда представляется возможным, так как объект наблюдения находится в поле зрения ограниченное количество времени (порядка 40 секунд).

При фотосъемке объектов земной и водной поверхности с использованием длиннофокусных объективов с фокусным расстоянием 1600 мм космонавту приходится работать в ручном режиме фокусировки, так как автоматическая фокусировка невозможна. В этом случае велика вероятность получения недостаточно резких фотоснимков. При просмотре фотоснимка на небольшом мониторе фотокамеры не всегда получается оценить его качество. Как правило, в большинстве случаев, создается видимость качественного снимка.

Полученные результаты после проведения фотосъемки космонавт копирует с фотокамеры на бортовой Laptop, где производит отбор, сортировку и оценку качества фотоснимков.

За рабочий день космонавта накапливается огромное количество фотоснимков. Их приходится переносить с фотокамеры на Laptop (как правило, в личное время космонавта) и после этого производить оценку фотоснимков. На эту процедуру тратится большое количество времени (10 минут фотосъемки приравнивается к 1 часу разбора фотоснимков).

На качество фотоснимка влияет множество факторов, одним из которых является использование длиннофокусных объективов.

Для улучшения качества процесса фотосъемки предлагается использовать возможность просмотра отснятых фотоизображений на экране бортового планшета или бортового Laptop (в увеличенном виде) путем беспроводной передачи данных с фотокамеры по Wi-Fi.

Главным преимуществом такого подхода является возможность быстрого просмотра изображений (через несколько секунд после фотосъемки) на большом мониторе. Это позволяет космонавту, при необходимости, оперативно внести корректировки. Космонавт может увидеть, как сфотографирован объект, и убедиться, что объект съемки находится в «резкости». В конечном итоге такой вид фотосъемки позволяет добиваться наиболее качественного результата.

В докладе будут представлены основные положения методики обработки и оценки фотоснимков и продемонстрирована ее практическая реализация.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЕСТЕСТВЕННУЮ ОСВЕЩЕННОСТЬ, В ИНТЕРЕСАХ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К НАБЛЮДЕНИЮ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Митина А.А.

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

Данные о режиме естественной освещенности и его прогноз необходимы для решения многих народнохозяйственных задач. Изучение этого вопроса приобрело особую актуальность с началом освоения ближнего космоса в конце 50-х и начале 60-х годов. К основным результатам, полученным в работах этого периода, можно отнести следующие:

- уточнение факторов, определяющих естественную освещенность, характер и степень их влияния на освещенность в различные периоды светлого времени суток;
- детальное изучение характера влияния облачности на естественную освещенность;
- разработка схем прогноза естественной освещенности с использованием данных прогноза облачности;
- выработка рекомендаций по оценке естественной освещенности в условиях сумерек.

Не утратил своей актуальности этот вопрос и в настоящее время.

Естественная освещенность любой поверхности определяется геофизическими и астрофизическими факторами. К геофизическим факторам относятся облачность, ее количество, форма, а также прозрачность атмосферы и альbedo подстилающей поверхности, к астрофизическим – положение Солнца на небосводе.

Естественная освещенность горизонтальной поверхности при одинаковых условиях наблюдения и высоте Солнца не зависит от географического пункта наблюдения, а является однозначной функцией высоты Солнца и облачности [1–3]. При заданной высоте Солнца наиболее существенное влияние на величину суммарной освещенности имеет облачность, ее количество и форма.

Состояние подстилающей поверхности, ее отражательная способность могут также сильно сказываться на величине суммарной освещенности, причем степень ее влияния будет зависеть от высоты Солнца и состояния облачности (ее количества и формы).

В докладе будут представлены результаты анализа факторов, определяющих естественную освещенность, а также рекомендации, учитывающие эти результаты, которые могут быть использованы при подготовке космонавтов к наблюдению земной поверхности.

Литература

[1] Бартенева О.Д., Довгялло Е.Н., Полякова Е.А. Экспериментальные исследования оптических свойств приземного слоя атмосферы // Труды ГГО, вып. 220, 1967.

[2] Бартенева О.Д., Гусева Л.Н. Режим естественной освещенности в зависимости от метеорологических условий // Труды ГГО, вып. 68, 1957.

[3] Бартенева О.Д., Гусева Л.Н., Шифрин К.С. Прогноз естественной освещенности // Светотехника. – № 7, 1958.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТУРЫ НАБЛЮДЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ВИЗУАЛЬНО-ПРИБОРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ С БОРТА ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Кошенко А.В.

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

Важной составляющей для обеспечения экологической безопасности нашей планеты является своевременный и периодический мониторинг земной поверхности. Для выполнения этой задачи необходимо использовать возможности космических средств. Мониторинговый режим работы космических средств позволяет получать достоверную информацию о природно-экологическом состоянии окружающей среды объекта в режиме прямой съемки [1].

В настоящее время в России система космического мониторинга представляет собой комплекс средств, состоящий из группировки космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС) [1].

Основное назначение КА ДЗЗ состоит в информационном обеспечении различных заинтересованных министерств и ведомств, заключающемся в решении широкого спектра задач в интересах деятельности Российской Федерации. Между тем, по причине отсутствия необходимой орбитальной группировки КА, существует дефицит данных ДЗЗ, которые частично дополняются результатами работы российских космонавтов с борта РС МКС. Технические и аппаратурные возможности РС МКС позволяют проводить исследования по изучению земной поверхности, основанные на неконтактной регистрации электромагнитного излучения земной поверхности в различных диапазонах спектра, а также распознавать объекты или ситуации, попадающие в поле обзора, и определять их положение в пространстве [1].

Анализ заявок заказчиков на результаты космического мониторинга земной поверхности показывает, что требования к информации, получаемой от деятельности космических средств, касаются в основном пространственного разрешения, обзорности, периодичности и оперативности ее получения.

Для удовлетворения этих требований, в части пилотируемых космических средств (ПКС), необходимо улучшать как характеристики аппаратуры наблюдения (АН), так и совершенствовать процессы выполнения визуально-приборных наблюдений (ВПН).

В докладе будут представлены предложения по совершенствованию АН и автоматизации процесса выполнения ВПН с борта ПКС, что позволит увеличить объем и повысить качество получаемой заказчиком информации, а также создать научно-технический и технологический заделы в интересах создания перспективных космических средств в части решения задач экологического мониторинга наземных объектов.

Литература

[1] Орешкин Г.Д., Кондрат А.И., Ядренцев А.Н. О возможностях проведения экологического мониторинга опасных ситуаций экипажами основных экспедиций с борта РС МКС // Материалы I Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, г. Калуга, 2015.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АКВАТОРИЙ И ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНЫХ МОРЕЙ РОССИИ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЭКИПАЖАМИ МКС ЗА 2018–2019 ГГ.

**Орешкин Г.Д., Корзун В.Г., Кондрат А.И., Ядренцев А.Н., Смолковский В.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В целях защиты и сохранения морской среды природоохранным законодательством (ФЗ-№ 155 от 31.07.98 г.) предусмотрен мониторинг состояния внутренних морских вод и территориального моря.

Составной частью программы современного мониторинга экологического состояния суши или морей является космический мониторинг, который обладает большими возможностями и преимуществами по сравнению с наземными средствами.

В настоящее время помимо космических аппаратов дистанционного зондирования Земли экологический мониторинг наземных объектов осуществляется с борта российского сегмента Международной космической станции в рамках космического эксперимента «Экон-М», постановщиком которого является Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

В процессе подготовки к полету российским космонавтам ставится непосредственная задача по выполнению экологического мониторинга заданных объектов. Одними из таких объектов являются акватории и побережья Черного, Каспийского и Азовского морей в зонах их потенциальных загрязнений:

- в местах морской добычи и транспортировки нефтепродуктов;
- в местах строительства различных сооружений;
- в портах и на припортовых территориях;
- в местах сброса промышленных и бытовых отходов;
- в устьях крупных рек.

Современное экологическое состояние южных морей России вызывает обоснованную озабоченность специалистов. Поэтому анализ получаемой космической информации позволяет оперативно отслеживать экологическую обстановку на акватории, подверженной воздействию стоков различной природы, оценивать площадь и степень ее загрязненности и исследовать физические процессы, определяющие перенос загрязнений по изучаемым акваториям, а иногда и определять виновников этих загрязнений. Возможность обзора в короткие сроки огромных акваторий, а также повторных наблюдений одного и того же региона с небольшим интервалом времени делают эту информацию наиболее оперативной и объективной.

В докладе будут представлены результаты космического мониторинга акваторий и побережья Черного, Каспийского и Азовского морей, выполненные экипажами МКС за 2018–2019 гг.

Литература

Корзун В.Г., Орешкин Г.Д., Кондрат А.И. Формализация полетного задания на проведение экологического мониторинга акваторий и побережий южных морей России в рамках КЭ «Экон-М» // Материалы 12 Международной научно-практической конференции, Звездный городок, 2017.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ В РАМКАХ
КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ЭКОН-М»**

**Орешкин Г.Д., Корзун В.Г., Кондрат А.И., Ядренцев А.Н.,
Севериненко А.В., Фалеев А.В., Артемьев О.Г.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Значительное место в программе проведения космического эксперимента (КЭ) «Экон-М» занимает региональный мониторинг наземных объектов России [1].

Территория европейской части страны не только наиболее благоприятная по природным условиям жизни населения, но и максимально загружена влиянием хозяйственной деятельности. При достаточно высоком уровне антропогенного изменения и загрязнения природной среды в пределах европейской части России можно выделить несколько регионов, в которых уровень экологической опасности особенно высок. К ним, прежде всего, относятся район Курской магнитной аномалии, бассейн р. Волги, зона районов Северного Кавказа (семь республик и два края) и Каспийского моря, ряд городских агломераций, а так же территории южного Урала.

Природная среда юга России также испытывает негативное воздействие антропогенных загрязнений и со стороны сопредельных государств. Особенностью «атмосферно-экологического» положения России является «открытость» ее западных границ – равнинный природный характер местности для атмосферного перемещения загрязняющих веществ с территории Европы, стран ближнего зарубежья (Украины, Беларуси), под воздействием преобладающих в средних широтах западных воздушных масс. В непосредственной близости от российской границы со стороны господствующих ветров особенно заметна концентрация очагов промышленных выбросов Донецко-Приднепровского района Украины, воздействующих на Ростовскую область и Азовский регион, а также Краснодарский и Ставропольский края. Южные области Урала подвержены влиянию Павлодар-Экибастузского и Усть-Каменогорского промышленных районов Казахстана, перемещению солей из Средней Азии, усилившихся вследствие высыхания Арала.

С целью повышения эффективности контроля состояния неблагоприятных территорий (объектов) как контактными, так и дистанционными методами Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина и Министерство природных ресурсов Краснодарского края в 2019 году заключили Соглашение о сотрудничестве по экологическому исследованию территории Краснодарско-

го края с борта российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС) в рамках КЭ «Экон-М».

Одним из проблемных объектов является Краснодарское водохранилище, которое в последнее время потеряло способность к самоочищению: большие потери воды на испарение, деформация берегов, подтопление земель и их заболачивание за счет повышения уровня грунтовых вод, изменение микроклимата прилегающей местности, обмеление из-за речных наносов, прекращение судоходства, прибрежная деградация почв за счет снижения содержания гумуса и др. Одной из причин нормального функционирования водохранилища является строительство каскада Краснодарского гидроузла.

В докладе будут представлены результаты экологического исследования территории Краснодарского края, полученные в 2019 году при проведении визуально-приборных наблюдений с борта РС МКС в рамках КЭ «Экон-М».

Литература

[1] Орешкин Г.Д., Степанов Э.Н., Кондрат А.И. Региональный экологический мониторинг объектов с борта Международной космической станции в рамках космического эксперимента «Экон-М» // Материалы Международной научно-практической конференции «Научные исследования и эксперименты на МКС», ИКИ РАН (г. Москва), 2015.

МЕСТО И РОЛЬ КАСУППС В ПОДГОТОВКЕ КОСМОНАВТОВ

Каденков М.А.

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

Высокие темпы развития науки в настоящее время приводят к интенсивному росту и обновлению научно-технической информации, что способствует ускорению скорости ее передачи и обработки, в основе которой находится компьютерная техника. Для обеспечения темпа всевозрастающего лавинообразного потока информации создаются и действуют современные телекоммуникационные информационные системы.

Проведение подготовки космонавтов, как наукоемкого процесса, невозможно без использования современных информационных систем и средств. Одним из таких средств, разработанных в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина и используемых в процессе подготовки космонавтов, является комплекс автоматизированных средств управления процессом подготовки спецконтингента (КАСУППС).

КАСУППС позволяет получать информацию о ходе космического полета. Это стало возможным за счет предоставления Центром управления полетами телеметрической, командно-программной, баллистической и справочной информации.

Важную роль для процесса подготовки космонавтов играет сбор и анализ получаемой информации по работам, которые выполняет космонавт в процессе космического полета. К ним относятся:

- стыковки и расстыковки транспортных пилотируемых и грузовых кораблей (ТПК и ТГК);
- материально-техническое обслуживание бортовых систем и оборудования;
- ремонтно-восстановительные работы;
- программа научно-прикладных исследований и экспериментов;
- внекорабельная деятельность;
- разгрузочно-погрузочные работы;
- бортовых тренировок по действиям в аварийных ситуациях;
- медицинские мероприятия, направленные на поддержание здоровья и работоспособности экипажа;
- и др.

Необходимо отметить, что КАСУППС обеспечивает предоставление информации с борта в реальном времени, что позволяет не только отслеживать выполняемые работы и функционирование бортовых систем, но и оперативно формировать мнение специалистов Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина при возникновении на борту нештатных и аварийных ситуаций.

Основными потребителями информации, предоставляемой в КАСУППС, являются специалисты по технической и комплексной подготовке космонавтов по ТПК и российскому сегменту Международной космической станции. Однако стоит отметить, что данная информация полезна и для других подразделений Центра, деятельность которых направлена на подготовку космонавтов, ее обеспечение (в том числе медицинского, тренажерного и информационного) и планирование.

В докладе будет показаны роль и место КАСУППС в процессе подготовки космонавтов, представлены предложения по дальнейшему использованию комплекса. Кроме этого будет кратко приведена историческая справка, отражающая анализ условий создания КАСУППС и особенностей использования технических средств, ставших его прообразом.

ИНФОРМИРОВАНИЯ О ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА

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

В конце 2016 года в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (Центр) начались работы по созданию нового комплекса автоматизированных средств управления процессом подготовки спецконтингента (КАСУППС). КАСУППС предполагалось использовать как техническое средство обучения космонавтов, позволяющее информировать сотрудников Центра о ходе выполнения космического полета для решения требуемого круга задач. Для этого из Центра управления полетами (ЦУП) предполагалась организовать передачу необходимых видов информации, а КАСУППС должен обеспечивать их прием и отображение. Работы по созданию КАСУППС завершились в июле 2017 года. После этого он был введен в эксплуатацию и начал использоваться по назначению.

Передача необходимых видов информации из ЦУП в Центр выполняется на договорной основе. В настоящее время заключен очередной договор, согласно которому ЦУП предоставляет техническую возможность доступа к информации о ходе космического полета. Специалисты Центра имеют возможность в рабочее время, используя возможности КАСУППС, получать информацию о работе бортовых систем, прослушивать аудиопереговоры экипажей МКС с ЦУП, анализировать видеоинформацию, получаемую с борта МКС и из ЦУП.

Анализ результатов использования КАСУППС с момента заключения первого договора (27.07.2018) позволяет сделать следующие выводы:

- наиболее востребованным видом информацией являются аудиопереговоры экипажей МКС с ЦУП;
- наибольшей интерес к ходу выполнения космического полета проявляется в период стартов ТПК «Союз», а также при выполнении их сближения и причаливания с МКС;
- наибольшая востребованность информации архива КАСУППС проявляется в период 2–3-х дней после проведения наиболее важных событий (старты и стыковки ТПК и ТГК, выполнение выходов в открытый космос);
- работа КАСУППС позволяет сотрудникам ЦПК оперативно анализировать информацию во время возникновения НшС и формировать мнение Центра по поводу происходящего.

В докладе будут отражены результаты анализа особенностей функционирования КАСУППС, как средства информационной поддержки специалистов Центра о ходе космического полета.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В КОНТЕКСТЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Дворядкина Н.А.

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

Современные условия стремительно развивающихся международных деловых контактов России с партнерами из разных стран, участвующих в создании и реализации совместной программы Международной космической станции, обусловили необходимость овладения английским языком (АЯ) для большинства специалистов ракетно-космической отрасли, а интенсификация профессиональной деятельности космонавтов Госкорпорации «Роскосмос» в тесном контакте с зарубежными коллегами актуализирует проблему их подготовки к общению на АЯ.

Специфика деятельности космонавта такова, что ему требуется умение качественно выполнять свои профессиональные функции в экстремальных и непривычных для человека условиях космического полета в течение нескольких месяцев, и в то же время предполагает постоянное общение и взаимодействие с иностранными коллегами (астронавтами) – членами смешанных межнациональных экипажей, а также зарубежными специалистами наземных Центров управления полетами, расположенных по всему миру. В процессе трудовой деятельности космонавты принимают непосредственное участие в живом общении с представителями своей профессии, но иной страны и культуры, в связи с чем, владение профессионально-ориентированным АЯ наряду со знанием культурных особенностей членов интернационального экипажа занимает далеко не последнее место в списке профессионально значимых качеств и умений специалиста в области пилотируемой космонавтики [1].

Изучение состояния интересующей проблемы и практики преподавания английского языка в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) позволили сделать вывод о том, что большинство учебных материалов, используемых в обучении, далеко не всегда ориентировано на сферу профессиональной деятельности космонавтов и зачастую не отвечает интересам и потребностям взрослого контингента обучающихся специалистов.

Целью образовательного процесса по АЯ в ЦПК является формирование профессиональной англоязычной коммуникативной компетенции у космонавтов, подразумевающей корректное владение английским языком в пределах тем, которые охватывают повседневную жизнь и деятельность специалистов при выполнении профессиональных задач космического полета. Поэтому, необходимо переосмыслить существующий опыт языковой подготовки слуша-

телей, оптимизировать методические подходы к организации обучения и содержанию учебных материалов.

В качестве шага в этом направлении предлагается разработанный на базе образовательной платформы Moodle (Modular Object Oriented Developmental Learning Environment – модульная объектно-ориентированная среда обучения) электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) для преподавания английского языка в ЦПК в рамках программы профессиональной подготовки к космическому полету с применением современных интернет-технологий и интерактивных форм обучения.

Созданный ЭУМК обеспечивает реализацию авторской модели учебного процесса, направленной на формирование профессиональной англоязычной коммуникативной компетенции у космонавтов, с учетом как общих, так и специфических научно-методических принципов разработки учебно-методических материалов для взрослых, иными словами – андрагогических принципов, составляющих основу теории обучения взрослых. ЭУМК для обучения космонавтов английскому языку характеризуется системной структурированностью, ориентированностью на реальную практику и решение проблемных ситуаций, связанных с профессиональной сферой деятельности слушателей.

В качестве специфических методов, использованных при разработке учебных заданий для проведения англоязычной подготовки космонавтов в ЦПК, рассматривается интеграция учебной, исследовательской и профессиональной деятельности, которая наиболее полно реализуется в проектной технологии. Разработанная методическая система обучения представляет собой интерактивную коммуникативно-ориентированную и профессионально-направленную систему учебных заданий и готовит космонавтов к использованию английского языка в профессиональной деятельности.

Использование ЭУМК раскрывает новые возможности для интерактивного обучения и позволяет перейти на качественно новый уровень в профессионально-направленном коммуникативно-ориентированном преподавании английского языка космонавтам в ЦПК.

Литература

- [1] Дворядкина Н.А. Лингводидактическая система формирования коммуникативной компетенции у космонавтов (английский язык). Диссертация канд. пед. наук, Москва, 2016. – 196 с.
- [2] Михеева Н.Ф., Дворядкина Н.А. Use of electronic teaching and methodical complex based on MOODLE educational platform for profession oriented English language training of Russian cosmonauts // EDULEARN16: 8th annual International Conference on Education and New Learning Technologies (July 4th – 6th, 2016). EDULEARN16 Proceedings. IATED Academy. Barcelona, 2016. С. 576–580.

**О РАБОТЕ НАД ПРОЕКТОМ ПРОГРАММЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РУССКИЙ ЯЗЫК»
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИНОСТРАННЫХ УЧАСТНИКОВ
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА С НУЛЕВЫМ УРОВНЕМ
ВЛАДЕНИЯ РУССКИМ ЯЗЫКОМ**

**Супрун И.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

За последние два года в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) произошли некоторые изменения в составе обучаемого контингента иностранцев. Новые обучаемые не знают русского языка.

Преподаватели группы русского языка получили задачу организовать подготовку по русскому языку иностранных участников космического полета (УКП) с нулевым уровнем знаний. Главная цель обучения их русскому языку – это обеспечение незатруднительного профессионального общения в транспортном пилотируемом корабле «Союз» во время орбитального полета.

Возникла необходимость разработки новой Программы по русскому языку, так как условия обучения прежнего контингента, владеющего русским языком, и поступивших в 2018 году астронавтов из Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ) с нулевой языковой подготовкой принципиально различны.

Отсутствие у обучаемых знаний по русскому языку и минимальное учебное время определили необходимость строго отбора и тщательной организации учебного материала для занятий с ними.

При организации процесса обучения УКП из ОАЭ нужно было скорректировать задачи и цели существующей Программы с учетом заданных условий – нулевого уровня владения языком и минимального учебного времени.

Коллектив группы русского языка пошел по пути «сжатия» разделов стандартной государственной Программы, объединив Вводно-фонетический и Элементарный курсы в один, а также сократив объем Базового курса [1, 2].

С самых первых дней изучения русского языка астронавтам из ОАЭ предлагались небольшие тексты актуальной для учебно-профессиональной сферы общения тематики. На занятиях отрабатывался лексико-грамматический материал, необходимый обучаемым «здесь и сейчас». Соблюдение предельной актуальности и минимизации учебного материала способствовало поддержанию мотива к изучению дисциплины.

В настоящее время группа русского языка завершает разработку проекта Программы по дисциплине «Русский язык» для подготовки иностранных участников космического полета с нулевым уровнем владения русским языком.

В Программу входят, помимо целей, задач, методов, тематического плана, планы 126-ти практических занятий. В каждом занятии по русскому языку представлены две темы – грамматическая и лексическая.

Учебный текст урока может не отражать грамматическую тему, но это не мешает демонстрировать и отрабатывать грамматику на базе лексики, частотной для учебно-профессионального общения в условиях обучения в ЦПК.

Группа преподавателей русского языка намерена корректировать проект выше названной Программы после анализа результатов работы с участниками космического полета.

Литература

[1] Требования по русскому языку как иностранному. I сертификационный уровень. Общее владение. Профессиональный модуль. – СПб.: Златоуст, 2011.

[2] Учебные планы по грамматике русского языка как иностранного. Элементарный, базовый и первый сертификационный уровни. – М.: Российский университет дружбы народов, 2006. – 6 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ СХЕМ

Черняк Е.А.

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

Одним из самых основных принципов обучения с древних времен является принцип наглядности. Он стоит в одном ряду с такими принципами как научность, доступность, систематичность и последовательность излагаемого материала. Благодаря реализации данных принципов и происходит процесс обучения. На различных этапах становления системы образования наглядность обеспечивалась различными способами, но ключевым элементом всех способов является представление в той или иной форме образа объекта изучения. В качестве примеров форм представления можно выделить: словесное описание, рисунки, графики и диаграммы, натуральные предметы (как объекты изучения), макеты изучаемых объектов и др.

Бурное развитие информационных технологий позволяет преподавателю новыми способами обеспечивать наглядность процесса обучения. Одним из таких способов обеспечения наглядности обучения является применение интерактивных схем. Определение «интерактивность» происходит от английского слова *interactive* и может трактоваться как наличие взаимодействия между человеком и системой. Под понятием интерактивная схема понимается

схема, которая в результате определенных действий со стороны педагога способна изменять свои свойства, форму и поведение.

Интерактивные схемы все больше начинают использоваться в процессе подготовки космонавтов. Как один из примеров использования интерактивных схем можно привести электронную бортовую документацию, которая включает в себя гиперссылки. Немало этому способствует и использование на борту пилотируемых космических аппаратов планшетных компьютеров, которые также применяются во время подготовки космонавтов.

В докладе будут рассмотрены предпосылки и перспективы использования интерактивных схем, при проведении подготовки космонавтов на всех этапах. Проводится сравнительный анализ средств разработки интерактивных схем по различным характеристикам. Рассматриваются возможности применения одного из этих средств для массового создания интерактивных схем сотрудниками Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ НА СООТВЕТСТВИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Митина А.А

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

Специальный Центр для подготовки человека к космическому полету был создан 11 января 1960 года. При подготовке первых космонавтов в основном проводилась физическая подготовка. Теоретическую подготовку осуществляли представители промышленности и преподаватели МГУ. Подготовка на тренажере корабля осуществлялась в летно-испытательном институте.

Начиная с 1969–1972 гг. в ЦПК приступили к разработке учебных пособий, используемых для теоретической подготовки космонавтов, проведения практических занятий по закреплению теоретических знаний – это стало началом полноценной подготовки космонавтов в ЦПК [1].

За время, прошедшее с 1960 года, в ЦПК была создана эффективная система подготовки космонавтов, обеспечивающая гарантированное качество подготовленности экипажей ПКА для безопасного и надежного выполнения космического полета.

Одной из главных особенностей профессиональной подготовки космонавтов является то, что космонавтов готовят к работе в космических условиях на наземных тренажерах, моделирующих условия деятельности экипажей космических кораблей и станций. Результатами подготовки космонавтов во

многим определяется успех космического полета в целом – его эффективность и безопасность [2].

Кроме того, обучение взрослых – трудная педагогическая задача. Процессы восприятия, запоминания, мышления у взрослого человека происходят не столь продуктивно, как у ребенка или подростка. Взрослый человек имеет устоявшиеся ментальные модели, например, высшее образование, положительный опыт профессиональной деятельности и т.д. Что в некоторой степени компенсируется высокой мотивацией космонавта по отношению к обучению [3, 4].

Современную систему подготовки космонавтов можно рассматривать как сложившуюся в течение многолетнего успешного применения технологии обучения взрослых, обладающую всеми признаками педагогической технологии [5].

Современная система подготовки космонавтов как педагогическая технология обладает научной составляющей направленной на определение наиболее рациональных путей обучения. Она складывается из системы способов, принципов и регулятивов, применяемых в обучении, и представляет собой реальный процесс обучения [6].

В докладе будут рассмотрены наиболее существенные *признаки и характеристики* системы подготовки космонавтов определяющие ее как *педагогическую технологию*.

Литература

[1] Митин А.Т., Митина А.А. Из истории развития средств отображения навигационной обстановки и возможность использования опыта их применения в пилотируемом полете к Луне // Известия инженерных наук им. А.М. Прохорова. – № – 4, 2014. – С. 12–18.

[2] Митина А.А. Орешкин Г.Д., Кондрат А.И., Шуров А.И. Технологии обучения специалистов в интересах подготовки космонавтов к выполнению программы космического полета // Эрго 2018. Третья международная научно-практическая конференция «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах». Санкт-Петербург, 2018.

[3] Кондрат А.И., Орешкин Г.Д., Шуров А.И. К вопросу об отборе и становлении специалистов по подготовке космонавтов Материалы Международной конференции «Пилотируемое освоение космоса», 24–26 мая 2016 года, г. Королев

[4] Ким В.В. Особенности технологии обучения специалистов, получающих второе профессиональное образование: На примере средних специальных учебных заведений. – Диссертация канд. пед. наук. – Москва, 2000. – 168 с.

[5] Хрестоматия по возрастной и педагогической психологии. / Под ред. И.И. Ильесова, В.Я. Ляудис. – М.: Московский университет, 1980. – 290 с.

[6] Выготский Л.С. Педагогическая психология. – М: Педагогика, 1991. – 480 с.

КЛЮЧЕВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ СПЕЦИАЛИСТА ПО ПОДГОТОВКЕ КОСМОНАВТОВ

**Орешкин Г.Д., Корзун В.Г., Кондрат А.И., Шуров А.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Неотъемлемой частью процесса подготовки космонавтов является ее методическое обеспечение, представляющее собой комплекс мероприятий, одним из которых является обучение специалистов по подготовке космонавтов (СПК) и повышение их квалификации [1].

Современный СПК должен быть, прежде всего, профессионалом. Профессионализм специалиста определяется его профессиональной пригодностью, профессиональным самоопределением, способностью к самообразованию и саморазвитию, т.е. целенаправленным формированием тех качеств, которые необходимы для выполнения профессиональной подготовки космонавтов.

Отличительными чертами современного специалиста являются постоянное самосовершенствование, самокритичность, эрудиция и высокая культура труда. Профессиональный рост специалиста невозможен без самообразовательной потребности. Для него очень важно никогда не останавливаться на достигнутом и идти вперед.

Главными показателями готовности к профессиональной деятельности является профессиональная компетентность специалиста и его конкурентоспособность на современном рынке труда.

Становление профессиональной компетентности представляет собой процесс формирования профессиональной позиции, гармонизации социально и профессионально важных качеств, умений и навыков в устойчивые профессионально-значимые комплексы, обеспечивающие эффективное выполнение профессиональной деятельности.

Значимой для процесса подготовки будущих СПК является профессионально-педагогическая компетентность, позволяющая им квалифицированно осуществлять профессиональную подготовку космонавтов в рамках конкретной дисциплины на уровне установленных требований, на основе сочетания технико-технологических и психолого-педагогических знаний, умений и навыков.

В настоящее время в деятельности будущего СПК преобладают, все же, профессионально-инженерные компетенции.

Определив составляющие профессионально-педагогической и профессионально-инженерной компетентностей СПК, можно сделать вывод об их соотношении, что позволяет сбалансировать процесс их обучения. Процесс балансирования, в данном случае, основывается на перераспределении соотношения учебных дисциплин психолого-педагогического и инженерного цик-

лов обучения в соответствии с формированием компетенций, без которых невозможно подготовить современного конкурентоспособного специалиста.

Поэтому обучение СПК должно быть единой системой, каждая из подсистем которой включает оба компонента обучения – педагогический и инженерный. В процессе обучения СПК необходимо реализовать тесное взаимодействие указанных компонентов, а главное – правильное и гармоничное их сочетание.

Немаловажное значение в многообразной деятельности СПК играют личностные качества. В связи с этим профессионализм СПК должен также сочетать в себе как профессиональную компетентность (профессионально-педагогическую и профессионально-инженерную), так и соответствующие личностные качества.

В докладе будут представлены личностные качества СПК, их профессиональные компетенции, характерные для его деятельности, а также определены требования к профессиональным компетенциям СПК, что в совокупности позволит сформировать основу эталонной модели ключевых компетенций СПК.

Литература

[1] Орешкин Г.Д., Кондрат А.И., Степанов Э.Н., Шуров А.И. К вопросу о методическом обеспечении подготовки космонавтов // Материалы I Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 2015.

40 ЛЕТ ПИЛОТИРУЕМОГО ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ «СОЮЗ Т-2»

Васильев В.И.

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

В 2020 году исполнится 40 лет первого полета пилотируемого космического корабля серии «Союз Т». Корабль имел обозначение «Союз Т-2». Командиром экипажа был Юрий Малышев, бортинженером – Владимир Аксенов. Их дублерами были Леонид Кизим (командир) и Олег Макаров (бортинженер).

Полет длился 3 суток 22 часа 19 минут 30 секунд. Начальные параметры его орбиты: высота в перигее 202 км, высота в апогее 249 км, наклонение 51,6 градуса, период обращения 88,7 минут [1].

Спускаемый аппарат корабля «Союз Т-2» приземлился 9.06.1980 года.

Главным научно-техническим достижением нового корабля «Союз Т» была, в первую очередь, его система управления движением и обеспечение полета в составе трех космонавтов со средствами индивидуальной защиты (скафандры) [2].

Впервые управление системами корабля осуществлялось через бортовой цифровой вычислительный комплекс – БЦВК.

В докладе будет изложена информация о том, в каких условиях проходила данная подготовка первых экипажей кораблей серии «Союз Т».

Сложность подготовки к полету на корабле «Союз Т» заключалась в том, что вся тренажная база, все описания и инструкции, необходимые для изучения корабля и подготовки экипажей естественным образом, отставали от процесса создания корабля. В процессе реализации первых подготовок и полетов отрабатывались формы, методы и программы подготовки.

Значительной проблемой была подготовка самих инструкторов Центра подготовки космонавтов при отсутствии какой-либо технической документации по управлению дискретным контуром корабля. Для обучения инструкторов потребовалось организовать наше участие в испытательных бригадах в КИС РКК «Энергии», отладить взаимодействие с программистами-разработчиками программного обеспечения системы управления движением корабля, участвовать в управлении полетами беспилотных машин.

Программой полета «Союз Т-2» было запланировано провести стыковку со станцией «Салют» в полуавтоматическом режиме.

Этот режим предусматривал дополнительный контроль со стороны экипажа всей ситуации по выполнению сближения, причаливания и стыковки.

Первый пилотируемый полет корабля «Союз Т» оказался действительно испытательным. На дальности около 200 метров до станции произошел отказ в системе управления сближением, в результате БЦВК отключил автоматическое управление кораблем. Причем корабль был развернут двигательной установкой на станцию, в результате экипаж корабля не наблюдал станцию в ВСК. Командир выполнил увод корабля, а затем реализовал поиск станции, ручное сближение, причаливание и стыковку. Критичным было то, что было ограниченное время до входа в тень. Командиру пришлось вести режим стыковки на предельно высоких скоростях [3].

Это была первая в мире стыковка космических объектов, выполненная в полностью ручном режиме с неуправляемой космической станцией, без какого-либо приборного измерения параметров сближения, причаливания и стыковки.

Литература

- [1] Семенов Ю.П. Ракетно-космическая корпорация «ЭНЕРГИЯ» имени С.П. Королёва. – Королёв: РКК «Энергия», 1996. – 670 с.
- [2] Бранец В.Н. Записки инженера. – М: «РТСофт»-«Космокоп», 2018. – 592 с.
- [3] Аксенов В.В. Дорога испытаний, – М: ООО «Издательский дом Вече», 2009. – 384 с.

СЕКЦИЯ 3

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

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСА ФУНКЦИОНАЛЬНО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СТЕНДОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ПО КОСМИЧЕСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТАМ И НАУЧНОЙ АППАРАТУРОЙ НА РС МКС

Сабуров П.А., Попова Е.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Исходя из определения учебной деятельности космонавта по научной программе как деятельности по овладению методикой проведения космических экспериментов, благодаря решению специально поставленных преподавателем (инструктором) учебных задач по средствам тренажерных комплектов научной космической аппаратуры, рассматривается содержание современной учебной деятельности космонавтов на примере подготовки по научно-прикладным исследованиям и экспериментам (НПИиЭ).

При подготовке космонавтов по НПИиЭ используются следующие варианты обучения на технологических образцах аппаратуры, с использованием фотографий в презентациях и бортовой документации.

Использование 3D-моделей в профессиональной подготовке космонавтов по российской научной программе НПИиЭ позволяет решать три типа задач:

1. Проводить ознакомительные занятия, где прививаются первоначальные навыки проведения экспериментов на виртуальной научной аппаратуре.
2. Проводить обучение космонавтов без использования тренажерных комплектов аппаратуры.
3. Осуществлять контроль практических знаний.

Рассматривается процесс подготовки на виртуальном тренажере в трех режимах: демонстрационном, тренировочном и экзаменационном.

В демонстрационном режиме обучаемый космонавт выступает в роли наблюдателя. Ему демонстрируется научная аппаратура в интерьерах РС МКС, с помощью анимационных последовательностей имитируются действия над управляемыми объектами, обеспечивается отображение соответствующей информации на экранах и средствах индикации приборов, выполняется воспроизведение создаваемых объектами звуков, обеспечивается текстовое и звуковое комментирование выполняемых действий, подсвечиваются области пространства для концентрации на них внимания космонавта.

Тренировочный режим предоставляет космонавту возможность самостоятельно выполнить последовательность действий над научным оборудованием. Действия космонавта контролируются, и в случае выполнения неверных операций, система информирует об этом, выдавая на экран сообщения.

Экзаменационный режим аналогичен тренировочному, с той только разницей, что система не информирует обучаемого о совершаемых ошибках, а по завершении работы формирует оценку его деятельности.

Показана актуальность совершенствования способов подготовки космонавтов с использованием 3D-модели в отношении освоения им космических экспериментов. Для успешного решения задач профессиональной подготовки космонавта по всей научной программе необходимо по научной аппаратуре формирование 3D-модели максимально приближенной к реальной обстановке на борту РС МКС.

**ВКЛАД ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
И ВНУТРЕННЕГО РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА ЗЕМЛИ
В СРЕДНЕСУТОЧНУЮ МОЩНОСТЬ ДОЗЫ
ПО ДАННЫМ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ
МОДУЛЯ «ЗВЕЗДА» МКС**

Лишневский А.Э., Бенгин В.В.

**(ФГБУН «Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт медико-биологических проблем РАН» (ГНЦ РФ–ИМБП РАН), г. Москва)**

На российском сегменте МКС с августа 2001 года до декабря 2014 года практически непрерывно функционировали четыре дозиметра ДБ-8 штатной системы радиационного контроля [1] (СРК) МКС. В работе анализируются результаты разделения вклада в суточную дозу от галактических космических лучей (ГКЛ) и от внутреннего радиационного пояса Земли (РПЗ) по данным блоков ДБ-8. Разработана методика обработки данных СРК, позволившая покрыть весь период функционирования дозиметров

ДБ-8 [2]. Получена временная динамика суточной дозы от ГКЛ для временного периода с 10.2001 по 12.2014. Вклад ГКЛ в среднесуточную мощность дозы на станции в этом временном диапазоне определялся уровнем солнечной активности и изменялся в период 2001–2005 гг. – в интервале от 0,07 до 0,08 мГр/сут, в 2005–2009 гг. – в интервале от 0,08 до 0,11 мГр/сут, в период 2009–2014 гг. – в интервале от 0,11 до 0,08 мГр/сут, независимо от места расположения дозиметрического блока. Показано, что наблюдается взаимосвязь изменений суточной дозы от ГКЛ с вариациями скорости счета нейтронных мониторов в г. Апатиты (Россия) и г. Оулу (Финляндия). Это дает возможность использовать показания нейтронных мониторов для «грубой» оценки вклада в суточную дозу от ГКЛ на борту МКС и для определения тренда в изменениях этих оценок со временем.

Также, была получена временная динамика суточной дозы от внутреннего РПЗ для того же временного периода. Вклад в суточную дозу от РПЗ за период 2001–2014 гг для наименее защищенного окружающим оборудованием станции блока (ДБ-8 № 1) увеличился с 0,20 мГр/сут до 0,45 мГр/сут, а для наиболее защищенного блока (ДБ-8 № 4) – увеличился с 0,07 мГр/сут до 0,20 мГр/сут. Увеличение суточной дозы от РПЗ было обусловлено, в основном, увеличением высоты орбиты МКС.

Необходимо отметить, что полученные оценки вклада в суточную дозу от ГКЛ и от РПЗ относятся только к радиационной обстановке внутри российского сегмента МКС, и могут отличаться при другой защищенности космических аппаратов. Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы для оценок вклада от ГКЛ и РПЗ в величину эквивалентной дозы и, соответственно, в уровень радиационного риска.

Литература

- [1] M. Panasyuk et. al. Description of the Space Radiation Control System for the Russian Segment of ISS ALPHA. 12th IAA Man in Space Symposium, Washington DC, June 1997.
- [2] Лишнеvский А.Э., Бенгин В.В. Разделение вклада галактических космических лучей и внутреннего радиационного пояса Земли в суточную дозу на борту Международной космической станции за период с 2005 по 2011 годы. // Космические исследования. М.: Наука. 2018. – Т. 56. № 2. – С. 103–110

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ПРОВЕДЕНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ПРОБОЙ», РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ НА БОРТУ МКС СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПРОБОЯ ГЕРМООБОЛОЧКИ

Попова Е.В., Умнова Л.А., Лукьянова О.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)
Макаревич Г.А., Аверсьев С.П., Усманов Р.Р., Дмитриев М.Н.
(АО «ЦНИИмаш»)

Половнев А.Л., Пушкин С.Д., Зайцев К.И.
(ПАО «РКК «Энергия»)

Орбитальные станции и космические аппараты в течение длительных сроков эксплуатации подвергаются воздействию метеороидов и высокоскоростных частиц космического мусора, результатом которого может являться пробой гермооболочки с возможными катастрофическими последствиями.

При пробое важное значение имеет возможность оперативного определения места столкновения частицы с оболочкой для принятия экстренных мер по устранению разгерметизации.

Одним из способов решения данной проблемы является метод, основанный на анализе акустических волн в атмосфере гермоотсека и положенный в основу разработки научной аппаратуры КЭ «Пробой». Возможность использования подобного метода подтверждена в многочисленных наземных экспериментах по натурному пробоем стенки гермоотсека.

С 2014 г., начиная с МКС-39/40, в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» осуществляется подготовка космонавтов в составе основных и дублирующих экипажей и групп специализации и совершенствования по работе с научной аппаратурой КЭ «Пробой» на учебно-тренировочном макете служебного модуля Российского сегмента МКС. Во время подготовки, космонавты получают навыки по всем операциям по работе с научной аппаратурой КЭ «Пробой», в т.ч. по эксплуатации научной аппаратуры в штатных и нештатных ситуациях.

С 2014 г на борту Российского сегмента МКС экипажи нескольких экспедиций провели 7 длительных и более 50 коротких сеансов верификации метода оперативного определения координат пробоя с моделированием пробоя практически на всей поверхности гермооболочки служебного модуля. Полученные погрешности удовлетворяют требованиям программы КЭ «Пробой» и составляют 0,33 м (с вероятностью 95 %) при пробое как на открытых участках гермооболочки, так и на участках корпуса в загроможденном оборудованном пространстве.

Предварительные результаты космического эксперимента показали работоспособность способа определения координат места пробоя и оптимальность схемы расстановки микрофонов внутри гермоотсеков СМ, при этом научная аппаратура системы определения координат пробоя определяет координаты пробоя с предусмотренной точностью.

В дальнейшем запланированы работы по оптимизации размещения измерительных микрофонов и подбору их оптимального количества для увеличения точности определения координат; по беспроводной синхронизации блоков научной аппаратуры в различных модулях МКС и по отработке передачи телеметрической информации на Землю.

По данным измерений импульсных шумов, зарегистрированных на борту служебного модуля РС МКС, создана база данных типовых спектров сигналов, анализ которой показал принципиальную возможность идентификации импульсных шумов по их спектрам. В настоящее время алгоритм идентификации импульсных шумов отрабатывается как на борту МКС, так и в ЦПК при обучении космонавтов.

Результаты космического эксперимента планируется использовать для создания штатной системы оперативного определения координат места пробоя.

Литература

- [1] С.П. Авершьев, В.А. Болотин, В.К. Дементьев, А.А. Дядькин, Г.А. Макаревич, А.В. Михайлов, Л.Ф. Пелипенко, А.Л. Половнев, С.П. Рыбак, Н.А. Тихомиров Устройство определения координат места пробоя гермооболочки пилотируемого космического объекта и способ определения координат места пробоя / Патент № 2387966 от 27.04.2010 г.
- [2] С.П. Авершьев, В.С. Будаев, Г.А. Макаревич, А.В. Михайлов, Л.Ф. Пелипенко, Н.А. Тихомиров, В.К. Дементьев, А.Л. Половнев, С.П. Рыбак, А.В. Сычев Акустические волны в гермоотсеке космического аппарата при его пробое высокоскоростной частицей. / Космонавтика и ракетостроение. – 2011. – вып. 1(62). – С. 12–17.
- [3] С.П. Авершьев, Ю.М. Липницкий, Г.А. Макаревич, Н. Мамадалиев, Л.Ф. Пелипенко, А.Л. Половнев, А.С. Скалкин, П.В. Третьяков, А.Г. Шоколов. Пробой стенки гермоотсека космического аппарата высокоскоростной частицей с образованием акустических волн / Ученые записки ЦАГИ. – № 1. – Т. XLVI. – 2015. – С. 42–51.
- [4] К.И. Зайцев, А.Л. Половнев. Идентификация импульсных шумов в Служебном модуле РС МКС / Космическая техника и технологии. 2017. – вып. 4(19), – С. 105–110.

ФРАГМЕНТАЦИЯ ДНК ВЫСУШЕННЫХ КЛЕТОК МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ПО ДАННЫМ КЭ «ФЕНИКС»)

Алчинова И.Б., Карганов М.Ю.
(НИИ космической медицины ФНКЦ ФМБА России
ФГБНУ «НИИ общей патологии и патофизиологии»
Гуреева Е.А
(ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва)

Повреждение генетического аппарата клеток в условиях космического полета происходит главным образом в результате воздействия космического излучения смешанного состава. Непрямые эффекты радиационного воздействия в водо-эквивалентных средах составляют до 80–90 % от общего повреждения клеток. Российский эксперимент «ФЕНИКС» организован с целью изучения эффектов длительного космического полета на генетический аппарат и выживаемость высушенных лимфоцитов человека и клеток костного мозга (ККМ) мыши. Эксперимент проводится на борту Российского сегмента Международной космической станции (МКС).

Герметично запечатанные ампулы с высушенными лимфоцитами человека и ККМ мыши были уложены в 12 пеналов «Биоэкология», которые распределили по 3 контейнерам.

Контейнеры были доставлены на МКС и установлены в модулях Пирс, Поиск и Звезда на панелях № 436, № 103 и № 103 соответственно. Три пенала (по одному из каждого модуля) возвращали на Землю с интервалом в 6 месяцев.

Ранее нами было показано, что при электрофорезе в 1 % агарозном геле ДНК из ККМ мыши во всех случаях пики для образцов из модуля Пирс сдвигаются вправо по отношению к образцам из модулей Звезда и Поиск. Это свидетельствует о формировании более мелких фрагментов ДНК. Аналогичные результаты были получены и для лимфоцитов человека. Степень фрагментации ДНК зависит от дозы напрямую. Более мелкие фрагменты ДНК были обнаружены в образцах, облученных на модуле Пирс, где мощности доз были максимальными [1].

Задачей настоящего этапа работы было получение данных по фрагментации ДНК в зависимости от накопленной дозы с помощью другого метода анализа. Для этой цели был избран капиллярный электрофорез низкомолекулярных фракций. На рисунке представлены профили флуоресценции образцов в зависимости от длины ДНК.

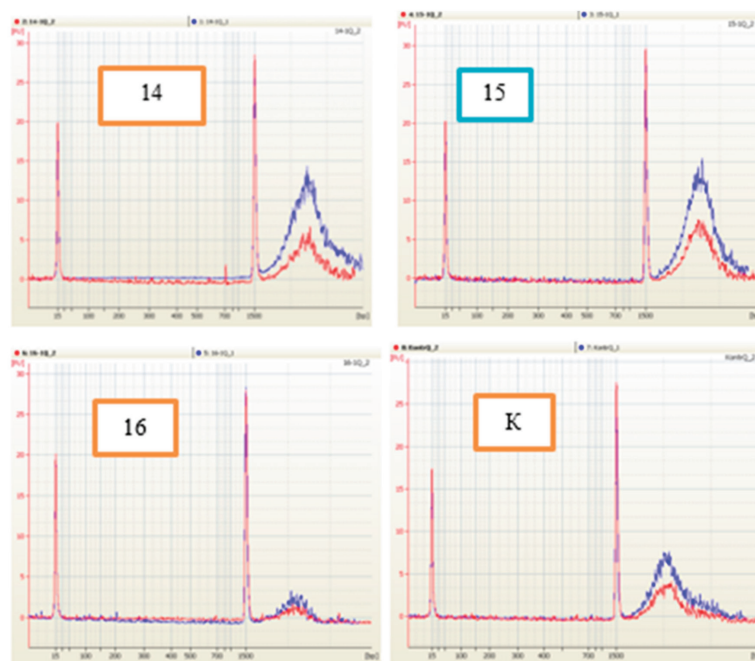


Рис. Профили флуоресценции образцов при разделении в капиллярном электрофорезе в зависимости от длины ДНК. Цифры на графике – номера укладок, К – контрольный образец.

Из представленных результатов видно, что крупномолекулярная фракция в пробах из укладки 16 (Пирс, СО1) существенно меньше, чем в контроле и остальных укладках. В пробах из укладок 14 и 16 видны незначительные всплески флуоресценции в зоне низкомолекулярных значений.

Таким образом, полученные с помощью капиллярного электрофореза результаты подтверждают ранее выявленную тенденцию к снижению доли крупномолекулярных фрагментов по мере возрастания дозовой нагрузки.

Литература

[1] И.Б. Алчинова, Е.Н. Яковенко, В.В. Кушин, К.О. Иноземцев, М.Ю. Крганов, В.М. Баранов. Космический эксперимент «Феникс»: предварительные итоги // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. – № 7. – Т. 51. – С. 26–30.

О ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМНОЙ ОРИЕНТАЦИИ СЕНСОРОВ НОСИМОГО РЕГИСТРАТОРА УСКОРЕНИЙ

Кручинин П.А., Латонов В.В., Матвеев Д.С.

(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва)

Для измерения линейных ускорений и угловых скоростей во время орбитального полета, в рамках космического эксперимента «Изучение особенностей вестибулярной стимуляции в невесомости» разработан носимый регистратор ускорений. Данное устройство представляет собой инерциальный датчик, включающий 3-х компонентный акселерометр, установленный на плате, позволяющей проводить автономную запись и систему светодиодных маркеров для видеоанализа. С помощью этого регистратора будут проводиться записи ускорений, воздействующих на голову человека во время полета. Для сравнительного анализа записи аналогичных движений предполагается провести и в наземных условиях. Акселерометры измеряют удельную силу, действующую на чувствительную массу прибора [1]. В условиях гравитации их показаниями является векторная разность ускорения и удельной силы тяжести. При определении ускорений в условиях гравитации из показаний акселерометра необходимо выделять составляющие, порожденные силой тяжести. Для решения этой задачи необходима информация о местной вертикали, которые содержатся в данных хорошо откалиброванной системы видеоанализа [2]. В этом случае необходимо решить промежуточную задачу определения матрицы T относительной ориентации инерциального блока и тела системы видеоанализа.

Рассмотрим следующую схему калибровочного эксперимента. Блок акселерометров жестко связан с телом, на котором закреплены маркеры системы видеоанализа. Вся конструкция закреплена на штативе, который дает возможность, поворачивать ее последовательно вокруг трех ортогональных осей. Тело устанавливается в N различных положениях, в которых оно остается не-

подвижным. Для каждого положения записывались данные акселерометров и системы видеоанализа. Система видеоанализа предоставляет данные о матрице $\mathbf{B}$ поворота тела видеоанализа относительно системы координат, одна из осей которой вертикальна.

Компоненты матрицы $\mathbf{T}$ находятся в результате решения системы уравнений $\mathbf{T}\mathbf{B}\mathbf{g} = \mathbf{f} + \boldsymbol{\delta}$. Здесь $\mathbf{g}$ – вектор удельной силы тяжести, $\mathbf{f}$ – вектор показаний акселерометров, $\boldsymbol{\delta}$ – их нули. Эта система содержит 12 неизвестных: 9 компонент матрицы $\mathbf{T}$ и три компоненты вектора $\boldsymbol{\delta}$. Эта система уравнений решалась методом наименьших квадратов.

Матрица $\mathbf{T}$ получалась неортогональной. В результате ее ортогонализации вычислялись оценки углов отклонения осей чувствительности акселерометров от перпендикулярности, а в результате нормализации вычислялись оценки масштабных коэффициентов.

Для опробования алгоритмов использовались результаты экспериментов проведенных в лаборатории МОИДС МГУ с применением системы видеокамер ARTtrack с набором маркеров и система фирмы Total Vision с инерциальным блоком MPU-9250. В ходе эксперимента тело видеоанализа с закрепленным на нем трехкомпонентным акселерометром устанавливалось в штатив, который поворачивался в 40 различных положений.

Для оценки стабильности алгоритма использовались результаты обработки данных для 4-х различных выборок по 10 записей. Разброс значений углов ориентации, соответствующих матрице поворота, полученных по выборкам не превысил 1° . Разброс в определении значений масштабных коэффициентов не превысил 4 %. Оценка неортогональности чувствительных осей акселерометра в среднем составила 0.8° . Такой алгоритм оказался эффективнее варианта, предполагающего ортогональность приборных осей акселерометра [3].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-00-01590.

Литература

- [1] Ишлинский А. Ю. Механика относительного движения и силы инерции. – М.: Наука, 1981. – 191 с.
- [2] Бобылев А.Н., Кручинин П.А., Чертополохов В.А. Совместная обработка показаний инерциального блока и системы видеоанализа // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 10(159). – С. 97–103.
- [3] Кручинин П.А., Латонов В.В., Матвеев Д.С. Определение взаимной ориентации инерциального блока и тела системы видеоанализа // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Аннотации докладов. – РИЦ БашГУ Уфа, 2019. – 315 с.

LONG AND SHORT-TERM GALACTIC COSMIC-RAY FLUX VARIATIONS FOR THE STUDY OF SPACE INSTRUMENT PERFORMANCE IN SPACE

Grimani C.

**(University of Urbino “Carlo Bo”, Urbino (PU) and Italian Institute for Nuclear Physics,
Florence, Italy)**

The performance of all instruments hosted on board space missions is affected, to some extent, by galactic cosmic rays and solar energetic particles. Monte Carlo simulations of the test-mass charging aboard LISA Pathfinder and future space interferometers for gravitational wave detection in space [1–5] require a precision of the order of a few hundreds of charges for acceleration noise control [6–9]. Dose estimates received by the polarimeter of the Mid-Infrared ELT Imager and Spectrograph (METIS) coronagraph on board the Solar Orbiter mission [10] were carried out in order to evaluate if the Cerium-treated lenses could have suffered a major loss of transmittance during the 6–10 years of the extended duration mission [11]. When detector geometries and material composition are known in detail, basically main limitations for pre-launch mission performance estimates basically are related to the capability of making reliable predictions of galactic cosmic-ray energy spectra and solar energetic particle (SEP) occurrence for the period individual S/C are supposed to remain in orbit. Long-term GCR energy spectra variations (characterized by periodicities larger than 1 year) were studied with the satellite PAMELA[12] and AMS-02 experiment on the Space Station [13] carrying magnetic spectrometer for differential flux estimates. These multi-detector experiments have quite small geometrical factors and in order to reduce the statistical errors, these experiments published proton and helium energy differential fluxes on the basis of data integrated over typical periods of a month. A comparison between GCR energy spectra predictions carried out for LPF and data published by the AMS-02 experiment in 2016–2017 when LPF was orbiting around the first Sun_Earth Lagrange point (L1) at 1.5 million km from Earth indicate that our best model prediction are in agreement with data within less than 10 %. Moreover, a particle detector placed aboard LPF optimized for proton and helium detection over 70 MeV n^{-1} [14] allowed for GCR countrate measurements every 15 seconds and particle ionization energy losses monitoring every 600 seconds. Hourly binned LPF PD countrate presented statistical uncertainties of 1 %. These measurements allowed to study the GCR short-term recurrent and non-recurrent variations (of typical duration <1 month) that revealed that short-term variations play the same role during one only month as the solar modulation change over more than xx years.

Data gathered in space allow also for the study of weak Forbush decreases that in general are undetected with Earth neutron monitors.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВОВ
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ В КЭ «ПЕРИТЕКТИКА»**

Кривилев М.Д.

(ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск)

Ломаев С.Л.

(ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», г. Ижевск)

Батуева Е.В., Королев М.Н.

(ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск)

Сплавы, полученные соединением различных металлов, их плавкой и последующей кристаллизацией, являются основой для функциональных материалов, применяемых в электронике и машиностроении. Целью международного космического эксперимента «Перитектика» является изучение на МКС высокоскоростной кристаллизации трех сплавов Nd-Fe-B, Fe-Co и Fe-Cr-Ni на основе железа. Все сплавы относятся к перитектическим системам, значит при их быстром глубоком переохлаждении до температуры перитектической реакции возможно формирование метастабильных фаз, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками [1]. Условия микрогравитации на околоземной орбите позволяют получить более широкий диапазон условий закалки материалов, чем это доступно в наземных условиях, где для левитации образца используется электромагнитное поле большой интенсивности.

В процессе проведения КЭ «Перитектика» проведено исследование переохлаждаемости, одно- и двухступенчатого механизмов зарождения стабильной ГЦК и метастабильной ОЦК фаз, вязкости и поверхностной энергии расплава как функции температуры образцов при реализации программы испытаний в научной аппаратуре печи МКС-ЭМЛ. Реализация летной стадии КЭ проводилась при тесной кооперации Роскосмоса, ЦНИИмаш, Европейского и Американского космического агентств. Длительность процесса кристаллизации измерялась при охлаждении с постоянной скоростью в интервале 30–70 К/с как функции скорости конвективного перемешивания, индуцируемого и контролируемого электромагнитным полем. Максимальное переохлаждение измерялось как функция скорости перемешивания и скорости охлаждения. Скорость кристаллизации измеряли на стадии рекалесценции. Данные позволили выполнить анализ физических механизмов, контролирующих кинетику фазовых превращений при дендритном затвердевании в сплавах на основе железа и их зависимости от интенсивности вынужденной конвекции в переменном электромагнитном поле. Далее эти данные были применены для разработки модели множественного зарождения фаз, принимающей во внимание процессы конвективного переноса и учитывающей эффекты безразделительного затвердевания. Схема и внешний вид экспериментальной установки приведены на рис. 1.

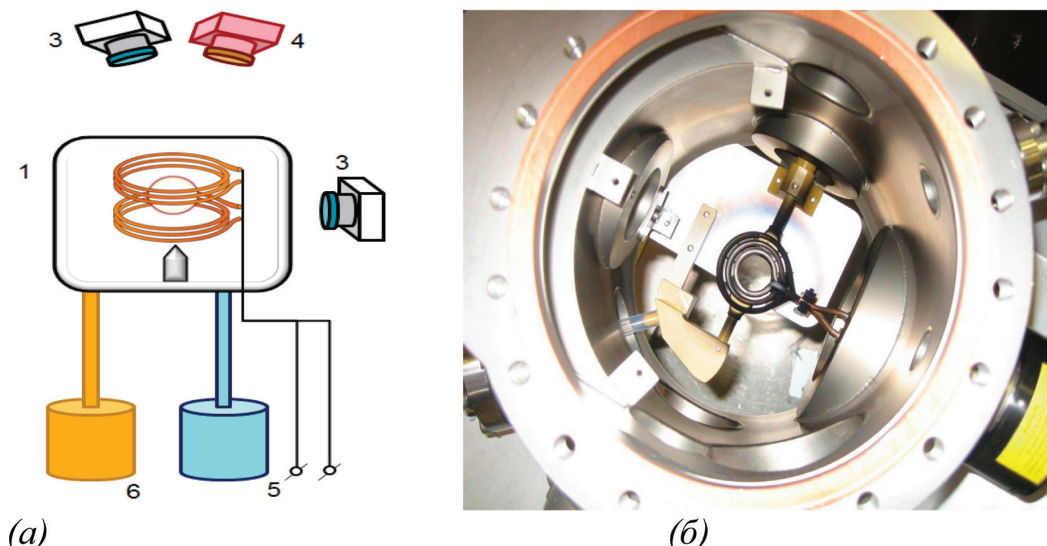


Рис. 1. (а) Схема экспериментальной установки по высокоскоростной кристаллизации расплавов, удерживаемых с помощью переменного электромагнитного поля:
 1) экспериментальный модуль, состоящий из вакуумной камеры, держателя образца, системы левитации из двух электромагнитных индукторов (катушек), индуктора нагрева, датчиков положения образца и контроля текущих параметров эксперимента; 3) две высокоскоростных видеокамеры; 4) пирометр; 5) блок питания; 6) блок водяного охлаждения.
 (б) Рабочая камера установки ЭМЛ для проведения испытаний образцов при параболических спусках, вид сверху. Медная катушка с водным охлаждением в центре располагается в вакуумной камере. Внизу катушки располагается окно для высокоскоростной камеры. Фотография предоставлена Институтом физики материалов для космоса, г. Кельн, Германия.

Типичная термограмма испытаний представлена на рис. 2 для системы Fe-Co. При охлаждении расплавленного образца со скоростью в интервале от 30 до 70 К/с фиксировались переохлаждения до $\Delta T = 300$ К для всех изученных систем. В эксперименте выявлена кристаллизация переохлажденных образцов по двум механизмам. В первом случае реализуется одноступенчатое зарождение и рост либо стабильной, либо метастабильной фазы. Во втором случае первичное зарождение метастабильной фазы и последующее зарождение стабильной фазы происходит спустя время задержки τ .

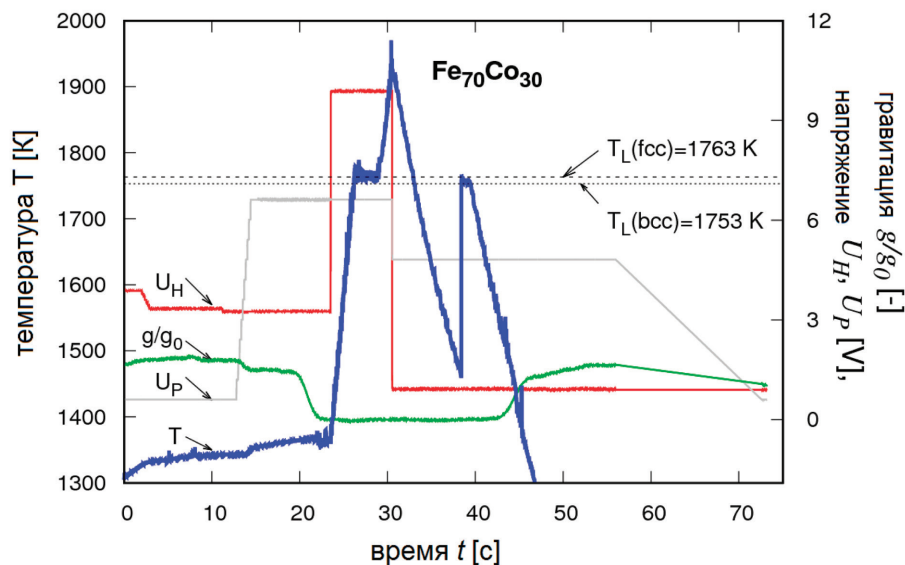


Рис. 2. Типичная термограмма для сплава Fe-Co, испытанного на печи ЭМЛ. Испытания образцов начинаются при достижении уровня гравитации $10^{-3} g$. Скорость охлаждения перед спонтанной кристаллизацией из переохлажденного состояния составляет 60 K/c. Затвердевание происходит за период менее 0.01 с при частоте пирометра 100 Гц.

Результаты КЭ «Перитектика» важны для отработки технологии изготовления магнитных изделий, используемых в электронике и энергетике. Важное практическое внедрение результатов экспериментов проведено при разработке функциональных материалов, получаемых методом высокоскоростного лазерного синтеза, развитого в Удмуртском государственном университете, г. Ижевск. На основе данных космических экспериментов «Перитектика» и «Кинетика» созданы новые износостойкие, коррозионностойкие и каталитические покрытия [3] для различных областей промышленного применения.

Авторы работы выражают благодарность ФГУП ЦНИИмаш за сопровождение КЭ, а также ГК Роскосмос за финансовую поддержку.

Литература

- [1] Херлах Д., Галенко П., Холланд-Мориц Д. Метастабильные материалы из переохлажденных расплавов, РХД, 2010. – 496 с.
- [2] Krivilyov M., Volkman T., Gao J., Fransaer J., Multiscale analysis of the effect of competitive nucleation on phase selection in rapid solidification of rare-earth ternary magnetic materials // Acta Materialia, 60 (2012) p. 112–122. DOI: 10.1016/j.actamat.2011.09.009.
- [3] Харанжевский Е.В., Кривилев М.Д., Решетников С.М. и соавторы. Патенты на изобретение РФ № 2443506, 2518466, 2514233, 2513670, 2553737, 2588962.

ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОССИЙСКИХ РОБОТОВ-ПОМОЩНИКОВ КОСМОНАВТОВ

**Сохин И.Г., Дудоров Е.А., Рыбак Е.В.
(«НПО «Андроидная техника», г. Магнитогорск)**

Космические эксперименты (КЭ) с использованием роботов-помощников космонавтов (РПК) относятся к категории экспериментов, которые направлены на развитие таких ключевых технологий создания перспективной пилотируемой инфраструктуры, как роботизированная поддержка деятельности экипажей в условиях орбитального полета и на поверхности Луны. Данные технологии будут востребованы при любых сценариях развития отечественной космонавтики. В настоящее время эксперименты на МКС по отработке ключевых технологий освоения Луны, астероидов, Марса носят единичный характер. Поэтому проведение данных КЭ на РС МКС и других космических аппаратах представляется актуальным и перспективным направлением исследований в целях создания опережающего научно-технического задела для разработки и эффективного применения роботов-помощников космонавтов в перспективных космических миссиях. В результате этих исследований должны быть сформированы требования к характеристикам перспективной эргатической системы «космонавт – робот – профессиональная среда деятельности».

Цель первого этапа КЭ «Испытатель» – проверка работы антропоморфного РПК (АРТС – антропоморфной робототехнической системы «FEDOR») в условиях микрогравитации, радиационного и электромагнитного воздействия в гермоотсеке РС МКС. Получение новых знаний об изменении динамических характеристик телеуправляемой АРТС в условиях безопорного пространства, радиационного и электромагнитного воздействия, о влиянии невесомости на качество операторской деятельности космонавта, управляющего АРТС, об ограничениях при совместной работе с роботом в целях обеспечения безопасности экипажа.

КЭ «Испытатель» будет продолжен в ходе полетов на корабле «Федерация», предусматривающих также работы на РС МКС. В ходе работ на МКС предполагается использование модернизированных АРТС и задающих устройств копирующего типа (ЗУКТ).

В перспективе предполагается проведение на борту РС МКС нового КЭ «Теледроид», который является развитием КЭ «Испытатель». В ходе этого эксперимента планируется испытать модернизированную АРТС для работы в условиях открытого космического пространства.

Дальнейшие космические исследования в этой области связаны с разработкой, созданием и экспериментальной отработкой новых РПК, предназ-

наченных для роботизированной поддержки деятельности космонавтов в перспективной системе средств обитания (ПССО), т.е. на обитаемых (либо посещаемых) орбитальных станциях, а также напланетных базах.

**НАУЧНАЯ АППАРАТУРА КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
«ИСПЫТАТЕЛЬ»: СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АНТРОПОМОРФНЫМ РОБОТОМ
КОПИРУЮЩЕГО ТИПА**

Пронин А.А., Прохоров И.Б.
(«НПО «Андроидная техника», г. Магнитогорск)

Для управления робототехническими платформами, в том числе и антропоморфными, существуют различные типы и интерфейсы управления. Выполнять уникальные задачи, т.е. несвязанные с многократным повторением – эффективнее в ручном (дистанционном) режиме. Такие задачи значительно быстрее выполнить под контролем оператора, чем решить с помощью программирования или обучения робота, особенно актуально в недетерминированной среде. Автоматические и полуавтоматические (супервизорный, нейросетевой, диалоговый и т.д.) системы управления рассматриваться не будут, т.к. выходят за пределы тематики.

Существуют большое разнообразие интерфейсов и систем дистанционного управления робототехническими комплексами. Отличаются они как способом формирования управляющего воздействия, так и возможностями обратной связи. Копирующий тип управления является наиболее перспективным для управления антропоморфными робототехническими платформами.

Система управления копирующего типа (т.н. «система аватар»), формирует управляющее воздействие с использованием устройств, определяющих положение органов управления оператора. Действия оператора транслируются на манипулятор в явном виде или с коэффициентом масштабирования. Ключевой особенностью данной технологии является интуитивно-понятное управление, не требующее специальных навыков и тренировки, а также скорость выполнения операций. Управление строится по принципу решения задачи прямой и обратной кинематики, а при использовании обратной силомоментные связи решаются задачи прямой и обратной динамики.

По результатам первого этапа космического эксперимента (КЭ) «Испытатель», можно сделать выводы о целесообразности использования подобных интерфейсов управления в будущих КЭ, однако конструктив и система управления задающего устройства копирующего типа (ЗУКТ) требуют доработки в вопросах эргономики, транспортировки и обратной связи.

ОБРАЗОВАНИЕ БИОПЛЕНОК ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ НОСИТЕЛЯХ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Потокин И.Л., Черкасова Г.В.
(ФГУП «Гос.НИИ ОЧБ» ФМБА России, г. С-Петербург)

Подавляющее большинство бактерий, обитающих в природных экосистемах, находятся в микробных сообществах в иммобилизованном на поверхности носителей состоянии, чаще всего в виде биопленок. Бактериальные биопленки состоят из сообщества прикрепленных к носителю микроорганизмов, погруженных в полисахаридный матрикс. Матрикс выполняет защитную функцию, предохраняя клетки от высыхания и действия противомикробных препаратов и т.д. [1]. В настоящее время активно исследуют молекулярные механизмы, участвующие в инициации и прекращении образования биопленок. Достоверно известно, что конкретные стадии формирования биопленки в основном регулируются адаптивными реакциями, а не конкретными генетическими программами.

Формирование биопленки происходит в несколько стадий [2]. Вначале адгезия бактерий носит обратимый характер, что обусловлено слабыми и, в основном, дисперсионными силами, которые основаны на взаимном периодическом возмущении электронов в сближающихся молекулах, приводящими к временному возникновению диполей. Непрерывное возникновение таких диполей влечет за собой постоянно возобновляющиеся силы притяжения.

На следующей стадии происходит уже необратимая адгезия между бактериями и поверхностью носителя, которая опосредуется адгезинами – молекулами, входящими в состав клеточной стенки и других поверхностных структур бактерий [3]. На III и IV фазах формирования биопленки созревает в результате химических перекрестных реакций, синтеза внеклеточных полисахаридов (ВПС), формирования матрикса и образования микроколоний. Наконец, в фазе V происходит вытеснение планктонных бактерий из зрелой биопленки [4].

В данной работе описаны проведенные в период экспедиций на МКС-53, 54, 56 космические эксперименты «Биопленка» по формированию микробных сообществ пробиотическими бактериями *L. plantarum* 8РА-3 на различных носителях в условиях макро- и микрогравитации.

В период экспедиции на МКС-53, 54, 56 в качестве объекта исследования использовали культуру *L. plantarum* 8РА-3 на микроцеллюлозном сорбенте, полистироле и полимерной подложке, одновременно в наземных условиях проводили идентичные эксперименты. Методами трансмиссионной (ТЭМ) и сканирующей (СЭМ) электронной микроскопии исследовали формирование

био пленок на поверхности подложек, при этом сравнительный анализ био пленок, образованных на носителях в условиях макро- и микрогравитации, позволил оценить особенности и различия их развития в космических и наземных экспериментах. Данные об ультратонком строении клеток *L. plantarum* 8РА-3 в процессе развития био пленок в условиях макро- и микрогравитации, полученные методом ТЭМ, дают информацию о структурных особенностях био пленок и об изменении внутриклеточных компартментов, формирующих их клеток. Методом СЭМ установлено, что по химической природе полимерная подложка и микроцеллюлозный сорбент являются наилучшими субстратами для формирования полноценной многослойной био пленки. На завершающих этапах выращивания лактобактерий (48 часов культивирования) в КЭ и НЭ отмечено появление крупных многослойных скоплений клеток в виде микроколоний в углублениях и неровностях поверхности обоих носителей. Методом ТЭМ выявлены отличия в ультраструктуре бактериальных клеток, образующих многослойные био пленки, сформированные на разных типах носителей. В био пленках на поверхности микроцеллюлозного носителя и полимерной подложки выявлено большое количество скоплений внеклеточного пептидогликана. Следует отметить увеличение числа мембран внутри клеток лактобактерий при культивировании на поверхности микроцеллюлозного носителя и полимерной подложки. Выявленная особенность свидетельствует об усилении ферментативной активности бактерий. При этом увеличение числа мембран коррелирует с повышением доли клеток с фокальной деструкцией и полностью деструктурированных клеток. Возможно, данное явление связано с синтезом бактериоцинов, разрушающих клеточную стенку, что также требует дальнейшего исследования.

Литература

- [1] Burmolle M., Webb J.S., Rao D., Hansen L.H., Sorensen S.J., Kjelleberg S. Enhanced biofilm formation and increased resistance to antimicrobial agents and bacterial invasion are caused by synergistic interactions in multispecies biofilms. // Appl Environ Microbiol. – 2006. – № 72(6). – P. 3916–3923. <https://doi.org/10.1128/AEM.03022-05> PMID: 16751497.
- [2] Busscher H.J., Weerkamp A.H. Specific and non-specific interactions in bacterial adhesion to solid substrata. // FEMS Microbiology Letters. – 1987. – № 46(2). – P. 165–173.
- [3] Dutta Sinha S., Chatterjee S., Maiti P.K., Tarafdar S., Moulik S.P. Evaluation of the role of substrate and albumin on *Pseudomonas aeruginosa* biofilm morphology through FESEM and FTIR studies on polymeric biomaterials. // Prog Biomater. – 2017. – № 6(1–2). – P. 27–38. <https://doi.org/10.1007/s40204-017-0061-2> PMID: 28155216.
- [4] Garrett T.R., Bhakoo M., Zhang Z. Bacterial adhesion and biofilms on surfaces. // Progress in Natural Science. – 2008. – № 18. – P. 1049–1056.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА СИСТЕМУ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

**Зарипов Р.Н., Попова Ю.А., Суворов А.В.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

Во время космических полетов (КП) на космонавта действует целый ряд факторов, оказывающих прямое или опосредованное влияние на кардиореспираторную систему. Основным из них является невесомость, которая влияет на грудную клетку и на органы, расположенные внутри грудной и брюшной полостей, включая их кровенаполнение. Такое влияние проявляется в биомеханике дыхания. Параметры внешнего дыхания изучались и ранее, начиная с первых полетов человека в космос, но полученные результаты нередко неоднозначны и имеют весьма выраженную индивидуальную направленность, связанную с исходным состоянием космонавтов. В ряде работ исследователями было показано, что у космонавтов во время длительных космических полетов происходило незначительное снижение статических и динамических объемов легких, объемно-скоростных показателей форсированного выдоха [1–4], в частности, снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ), резервного объема выдоха (РОВ_{вд}) при повышении резервного объема вдоха (РОВ_{вд}). Данные других исследований показывают, что ЖЕЛ не изменяется во время длительных полетов.

Эксперимент «УДОД» посвящен апробации устройства с дополнительным сопротивлением на вдохе в качестве средства, опосредованно снижающего избыточное кровенаполнение головы в КП. В каждой сессии эксперимента до начала дыхания через УДОД обследуемый космонавт проводил углубленное исследование функции внешнего дыхания: измерение легочных объемов и емкостей, показателей форсированного дыхания, длительности задержки дыхания на вдохе и выдохе, оценку вкладов торакальной и абдоминальной составляющей в дыхательные движения. Цель нашего исследования заключалась в оценке объемных и скоростных параметров внешнего дыхания у космонавтов на различных этапах во время длительных КП. Представлены результаты, полученные у 16 космонавтов до полета, во время полета и после приземления с использованием бортового комплекта «Дыхание-1» (СКТБ «Биофизприбор, Россия»). Каждый цикл исследования включал оценку объемно-скоростных показателей при спокойном и форсированном дыхании, а также длительность задержки дыхания. Дополнительно анализировали изменения частоты дыхания (ЧД) при использовании маски УДОД.

Полученные результаты не выявили достоверных различий в объемно-скоростных параметрах внешнего дыхания по сравнению с предполетными

данными. Анализ данных, характеризующих паттерн спонтанного дыхания, показал разнонаправленные изменения как глубины, так и ЧД у космонавтов. Исследование величин ЖЕЛ показало тенденцию к снижению у половины обследованных космонавтов, до 12% от величины данного параметра в начальном периоде полета. При анализе структуры ЖЕЛ у большинства космонавтов наблюдали снижение РОвд в различной степени и при этом у многих из них наблюдали одновременное увеличение РОвд. Такие смещения могут быть связаны с изменением конфигурации грудной клетки. Параметры форсированного дыхания у 9 космонавтов оставались без изменений. У остальных космонавтов наблюдали в различной степени снижение ФЖЕЛ во время КП. Пиковая объемная скорость, характеризующая проходимость дыхательных путей и косвенно силу дыхательных мышц, показал, что во время КП у многих космонавтов она снижалась на 15–20 % по сравнению с предполетными значениями. Это может свидетельствовать о возможном ослаблении силы дыхательных мышц во время космического полета. ЧД значительно снижалась во время КП при применении маски с дополнительным сопротивлением на вдохе. Исследования задержки дыхания на вдохе и на выдохе у космонавтов показали значимое увеличение времени задержки дыхания во время космического полета по сравнению с фоновыми значениями.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об индивидуальных путях адаптации респираторной системы, как к воздействию факторов космического полета, так и к сопротивлению дыханию на вдохе, направленному в наших исследованиях на профилактику перераспределения крови в условиях микрогравитации.

Литература

- [1] Баранов В.М. Газоэнергообмен человека в космическом полете и модельных исследованиях / Проблемы космической биологии. Т. 75. М.: Наука. 1993. – 116 с.
- [2] Баранов В.М. Исследования вентиляторной функции легких и биомеханики дыхания в длительных космических полетах. / Орбитальная станция «Мир». Том 2. Медико-биологические эксперименты. В.М. Баранов, А.Н. Котов, М.А. Тихонов. М.: ГНЦ РФ-ИМБП РАН. 2002. – С. 17–24.
- [3] Исследование регуляции и биомеханики дыхания в условиях космического полета / Баранов В.М., Попова Ю.А., Суворов А.В. и др. // Космическая биология и медицина. Том 2. Медико-биологические исследования на российском сегменте МКС. М.: ГНЦ РФ-ИМБП РАН. 2011. – С. 72–92.
- [4] Paiva M. Lung volumes, chest wall configuration and pattern of breathing in microgravity/ M. Paiva, M. Estenne, L.A. Engel / J. Appl. Physiol. 67 (1989) 1542–1550.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПИЛОТИРУЕМЫХ СТАНЦИЙ

**Пахомова А.А., Озеров Д.С., Царьков Д.С., Мухамедиева Л.Н., Хорошева Е.В.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

В соответствии со стратегией развития космической деятельности России особое внимание уделяется вопросам освоения новых областей космического пространства – окололунного пространства и Луны. В рамках решения поставленных задач предусматривается этапность развития пилотируемой космонавтики: продолжение эксплуатации МКС, ввод в состав российского сегмента многофункционального лабораторного модуля и нескольких специализированных или автономных модулей – прототипов модулей для решения задач в удаленном околоземном пространстве. Начало летных испытаний пилотируемого корабля нового поколения перспективной пилотируемой транспортной системы для реализации программ научно-прикладных исследований, отработки технологий полетов к Луне и технологических заделов реализации, полетов на специализированные или автономные модули. Разработка целого ряда элементов лунной инфраструктуры: модулей лунной базы, лунного посадочного корабля для доставки грузов, комплекса лунных робототехнических и напланетных транспортных средств, межорбитального буксира для транспортировки грузов на Луну, эксплуатация лунной орбитальной базы в посещаемом режиме, обслуживание и ремонт крупных космических аппаратов и межорбитальных буксиров на околоземных орбитах [1].

В связи с этим разработка медико-технических требований к системам жизнеобеспечения перспективных пилотируемых кораблей и окололунных станций является одной из приоритетных задач. Исследования количественного и качественного состава летучих органических соединений (ЛОС) в воздушной среде за 18 лет эксплуатации МКС позволило установить закономерности формирования многокомпонентного загрязнения воздушной среды орбитальных станций. По мере увеличения длительности функционирования МКС наблюдалось значительное расширение спектра летучих органических соединений (ЛОС) в воздухе, что обусловлено увеличением насыщенности станции полимерами, использование в оборудовании и научной аппаратуре, новых композитных материалов доставляемых на МКС отечественными и международными партнерами и старение материалов [2].

Важно отметить увеличение доли высокотоксичных веществ в воздушной среде МКС. Спектр впервые идентифицированных химических веществ в воздухе МКС представлен высоко и умеренно токсичными соединениями пред-

ставленные: высоколетучими фталатами, обладающими выраженным сенсибилизирующим действием – компоненты газовой выделений из изделий на основе поливинилхлорида (ПВХ) с использованием фталатных пластификаторов; насыщенные алифатические альдегиды (октаналь, нонаналь, деканаль), обладающие раздражающим и общетоксичным действием, источником которых являются пластмассы, клеи, герметики и другие неметаллические материалы. Значительно расширен спектр токсичных (2–3 классов опасности) спиртов, спектр ароматических углеводов и хлорорганических производных углеводов, нитрилов, органосилоанов и органосилоксанов, впервые идентифицированы алкилсульфиды.

Сравнительный анализ вклада летучих органических веществ в формирование суммарной загрязненности воздушной среды ОС «Мир» и МКС показал необходимость корректирования приоритетного перечня (таблица 7.3.1), указанного в программном документе по МКС SSP 50260 (ISS Medical Operation Requirement Documents (MORD)), в соответствии с полученными данными. Разработка приоритетного перечня химических соединений проводилась для установления минимального количества компонентов смеси, определяющих качество воздушной среды МКС, которые вносят основной вклад в загрязнение воздушной среды. При разработке перечня использовался метод ранжирования химических микропримесей по относительным концентрациям, согласно которому наряду с перечнем веществ и оценкой вклада каждого вещества в загрязнение воздушной среды учитывались: класс опасности вещества, кумулятивный эффект, частота превышения ПДКПКА, включая максимальные концентрации, устанавливалось наличие прямой корреляционной зависимости веществ, которая увеличивает вклад вещества в уровень загрязнения.

Литература

[1] Проект «Стратегии развития космической деятельности России до 2030 года и на дальнейшую перспективу» разработан рабочей группой под руководством Ю.Н. Коптева, 6 марта 2012 года одобрен на заседании Коллегии Федерального космического агентства, представлен в Правительство Российской Федерации и проходит согласование с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти.

[2] Озеров Д.С., Носовский А.М., Мухамедиева Л.Н. и др. Статистические закономерности распределения концентраций вредных веществ в воздухе пилотируемых орбитальных станций // Космическая техника и технологии. – №1(12). 2016. – С. 104–111.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА ДО И ПОСЛЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МОДЕЛИРУЕМОЙ НЕВЕСОМОСТИ И ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ

Шпаков А.В., Пучкова А.А., Орлов Д.О., Артамонов А.А.
(Научно-исследовательский институт космической медицины ФНКЦ ФМБА России,
г. Москва)
Воронов А.В.
(ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», г. Москва)

Введение. Цель исследования – сравнительный анализ локомоций и силовых возможностей человека до и после моделирования полета на Луну и пребывания на ее поверхности по биомеханическим характеристикам ходьбы с различным углом наклона и показателям кистевой и становой динамометрии.

Материалы и методы. Экспериментальное воздействие заключалось в последовательном воздействии антиортостатической гипокинезии с углом наклона кровати – 6 градусов по отношению к горизонту (моделирование полета на Луну, т.е. пребывание в невесомости) в течение 3 суток и последующим переводом в положение ортостатической гипокинезии с углом наклона кровати относительно горизонта +9,6 градуса в течение 7 суток (как модели пребывания на поверхности Луны, т.е. гипогравитации). При этом моделирование пребывания на Луне подразумевало нахождение испытуемых в ортостатическом положении с 07.00 до 23.00 (угол +9,6 градуса) и горизонтальном положении с 23.00 до 07.00. В исследовании приняли участие 10 практически здоровых испытуемых-добровольцев в возрасте 21–33 лет. Все испытуемые перед началом эксперимента прошли медицинское освидетельствование и, в соответствии с требованиями Хельсинской декларации подписали информированное согласие на участие в экспериментальном исследовании. До начала эксперимента испытуемые были разделены на две равные группы. В первой, контрольной, испытуемые не выполняли никаких профилактических мероприятий. Во второй, экспериментальной, испытуемые начиная с 4-х суток гипокинезия выполняли ежедневные тренировки на велоэргометре. Тренировки испытуемые выполняли не вставая с кровати, т.е. в положении лежа под углом +9,6 градуса. До и после экспериментального воздействия испытуемые выполняли батарею тестовых упражнений для оценки состояния опорно-двигательного аппарата. Локомоторное тестирование выполняли на беговой дорожке: ходьба со скоростью 3,5 км/ч с различным углом наклона (горизонтальное положение дорожки, +3 градуса, +6 градусов, +9 градусов, +12 градусов). Анализировали кинематические (углы в суставах ног) и электромиографические характеристики мышц голени и бедра. Затем испытуемым выполняли упражнения для оценки

силовых возможностей: кистевая динамометрия правой и левой руки, станочная динамометрия. Анализировали абсолютные показатели – максимальную произвольную силу (МПС), а также относительные – индекс силы, определяемый отношением МПС к массе тела испытуемого.

Результаты исследования. Анализ биомеханических характеристик ходьбы выявил наличие изменений, как кинематических характеристик, так и электромиографических характеристик. Ходьба под различным углом наклона беговой дорожки характеризовалась наличием значительных изменений амплитуды ЭМГ мышц голени и бедра, а также электромиографической стоимости. Анализ локомоций после гипокинезии показал, что увеличение угла наклона беговой дорожки обуславливало увеличение амплитуды ЭМГ, которое составляло более 30 % по сравнению с фоновыми показателями в контрольной группе, в экспериментальной группе достигало 17–20%. Кинематические характеристики изменялись практически одинаково в обеих группах. После гипокинезии происходило уменьшение углов в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах во всех фазах двойного шага: при постановке стопы на опору, отталкивании и переносе ноги в периоде маха. Показатели времени двойного шага изменялись при ходьбе под углом по сравнению с ходьбой по горизонтальной поверхности в сторону увеличения (около 10–15%). После гипокинезии время двойного шага значительных изменений не претерпело. Достоверных отличий времени двойного шага между контрольной и экспериментальной группами до и после гипокинезии выявлено не было.

Анализ показателей МПС при кистевой и станочной динамометрии выявил снижение данного показателя после гипокинезии в обеих группах испытуемых. Следует отметить, что у всех испытуемых наблюдалось различие между силой мышц кисти, т.е. абсолютные и относительные показатели кистевой динамометрии для правой руки были несколько выше, чем для левой. После гипокинезии наблюдалось уменьшение показателей МПС при кистевой динамометрии в контрольной группе до 7–10% и экспериментальной группе до 5–8% по сравнению с фоновым уровнем. Станочная динамометрия после гипокинезии изменялась аналогичным образом, т.е. большие изменения МПС по сравнению с фоновым уровнем наблюдались у испытуемых контрольной группы. Однако эти изменения не достигали уровня достоверности, как при сравнении показателей до и после гипокинезии, так и при сравнении показателей между группами.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-315-20010.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ

Павленко В.И., Черкашина Н.И., Ястребинский Р.Н., Новосадов Н.И.
(ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова», г. Белгород)

Длительный полет космического аппарата сопровождается значительным повышением накопленной дозы ионизирующего излучения, которая губительна для членов экипажа. На высоте полета МКС существуют серьезные проблемы радиационной безопасности. Наибольшую опасность для корпуса и элементов космических аппаратов расположенных на его внешней стороне представляют протоны радиационных поясов Земли с энергией 1–100 МэВ и электроны с энергией от 1 до 5 МэВ [1].

Наиболее уязвимыми местами на МКС являются каюты космонавтов, где они отдыхают. Там нет никакой дополнительной массы, и от открытого космоса космонавтов отделяет лишь металлическая стенка толщиной в несколько миллиметров.

В последнее время активно развивается направление по созданию радиационно-защитных материалов на основе полимерных композитов, в том числе и для защиты от космической радиации. В БГТУ им. В.Г. Шухова ведутся разработки полимерных композитов авиационно-космического назначения. Разработаны новые виды полимерных композитов с плотностью 4200 кг/м³, прочностью при растяжении 10,9 МПа и рабочим диапазоном эксплуатации от –170 до +250 °С. Рассматриваемый полимерный композит включает в себя 20 % полимерной матрицы на основе фторопласта-4 и 80 % модифицированного висмутсодержащего наполнителя. Химический атомарный состав композита представлен в табл. 1.

Для оценки радиационно-защитных характеристик предлагаемого композита по отношению к космической радиации было проведено математическое моделирование прохождения протонов с энергией от 1 до 100 МэВ через композит.

Данный способ позволяет дать первоначальный прогноз по устойчивости материалов к воздействию протонов без использования дорогостоящих экспериментов по натурному облучению материалов в условиях космоса или протонных ускорителей.

Таблица 1

Химический атомарный состав рассматриваемого композита

Bi ₂ O ₃ , %	Содержание атомов, %				Плотность, г/см ³
	C	F	O	Bi	
80	0,05	0,15	0,08	0,72	4,2

В табл. 2 представлены результаты моделирования прохождения протонов через предлагаемый полимерный композит.

Таблица 2

Изменение кинетической энергии протона с различной начальной энергией, прошедшего в композите путь x (см)

Начальная кинетическая энергия протона, МэВ	Толщина защитного слоя, x , см	Кинетическая энергия протона на толщине x , МэВ	Кратность ослабления
40	0,1	36,58	1,09
	0,2	32,83	1,22
	0,3	28,61	1,40
	0,4	23,70	1,69
	0,5	17,51	2,28
	0,622	0	
60	0,25	53,58	1,12
	0,5	46,36	1,29
	0,75	37,90	1,58
	1	27,09	2,21
80	0,5	69,44	1,15
	1	57,19	1,40
	1,5	41,83	1,91
	2	16,5	4,85
	2,095	0	
100	0,5	91,17	1,10
	1	81,52	1,23
	1,5	70,74	1,41
	2	58,22	1,72
	2,5	42,53	2,35
	3,092	0	

Анализ данных табл. 2 показывает высокие радиационно-защитные характеристики предлагаемого композита по отношению к протонному облучению.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-10064).

Литература

[1] М.Б. Марков, С.В. Подоляко. Моделирование переноса протонов в приближении непрерывного замедления // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. – № 259. – 2018. – 20 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ КОМПОЗИТНОГО ПРИПОЯ AL-Si + ФЛЮС

Шутов И.В., Камаева Л.В.

(ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», г. Ижевск)

Кривилев М.Д.

(ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск)

Для изготовления сложных конструкций в машиностроении широко применяется технология пайки твердым припоем (ПТП) [1], также известная в литературе как высокотемпературная пайка. Технология ПТП может применяться также в космической технике для восстановления обшивки станции при разгерметизации от ударов микрометеоритов. Другое перспективное направление – пайка тонкостенных модульных конструкции при освоении дальнего космоса и строительстве станций.

В данной работе проведены исследования фазовых превращений при термической обработке композитного припоя Al-Si + флюс, применяемого в технологии ПТП. Образцы представляют собой пластинки толщиной от 0,5 до 0,8 мм. Выбрана подложка из технического алюминия (99,3 %) с нанесенным на поверхность плакированным припоем Al-Si эвтектической концентрации ($Al_{90}Si_{10}$) с внедренным флюсом ($KAlF_4$), толщина пленки припоя составляет 30–40 мкм [1].

Исследования фазовых превращений проводили методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), реализованной на установке DSC 404C Netzsch. ДСК выполняли в стационарной атмосфере аргона с предварительным вакуумированием до 10^{-2} Па в корундовых тиглях с режимами термической обработки.

В настоящей работе выполнено комплексное изучение механизмов плавления и кристаллизации нового материала для пайки твердым припоем. В отличие от традиционно используемого листового алюминия, плакированного припоем Al-(8÷10) at. % Si, испытанный материал содержит внедренный раскислитель ($KAlF_4$), который улучшает процесс пайки и меняет механизм формирования микроструктуры, способствуя хорошему затеканию расплава припоя в места стыков и образованию прочного металлургического соединения.

На рисунке 1 приведены термограммы ДСК для системы Al-Si. Из анализа графиков следует, что на первой стадии плавления компонентов композиционного припоя Al-Si+флюс происходит плавление флюса ($KAlF_4$). По результатам термоаналитических и металлографических исследований установлены температуры T и энтальпии ΔH его плавления: $T_{пл} = 550$ °C, $\Delta H_{пл} = 3,796$ мДж, что соответствует литературным данным [2]. Позднее, по мере повышения

температуры, плавится матричный материал $\text{Al}_{90}\text{Si}_{10}$. Для него экспериментально установлены величины $T_{\text{пл}} = 576^\circ\text{C}$, $\Delta H_{\text{пл}} = 738,1$ мДж. При разности температур плавления в 26°C , присутствие флюса во всем объеме припоя способствует не только растворению оксидной пленки, но и активирует взаимодействие между припоем и подложкой еще до плавления припоя, что способствует улучшению качества паяных соединений.

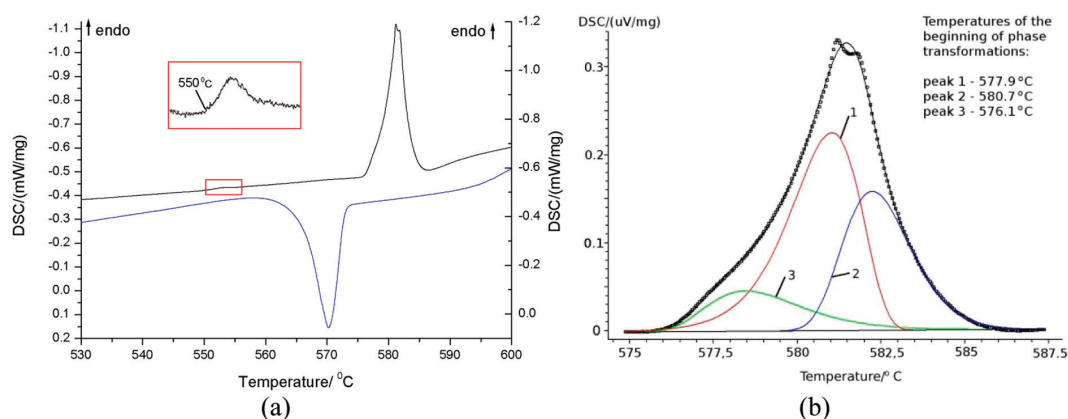


Рис. 1. (а) Зависимость ДСК сигнала от температуры для образца Al-Si + флюс. На термограмме наблюдаются два пика при 550°C и 573°C . Первый, малый по амплитуде, пик при 550°C вызван эндотермическим эффектом при плавлении флюса, второй пик 573°C соответствует плавлению припоя, (б) разложение сложного пика на составляющие [2].

Данная работа является частью исследований КЭ «РЕАЛ», направленного на изучение реологических процессов при пайке твердым припоем в условиях микрогравитации. Авторы работы выражают благодарность ФГУП ЦНИИмаш и лично Е.Г. Лавренко и Д.С. Самсонову за техническую постановку эксперимента, а также ГК Роскосмос за финансовую поддержку.

Литература

- [1] Sekulic D.P., Galenko P.K., Krivilyov M.D. et al. Dendritic growth in Al-Si alloys during brazing. Part 1: Experimental evidence and kinetics International journal of heat and mass transfer, 2005. N. 12. p. 2372–2384
- [2] J. Piątkowski, B. Gajdzik Testing phase changes in Al-Si alloys with application of thermal analysis and differential calorimetric analysis, 2013 METABK 52(4) p. 469–472

**ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ПО МОДЕРНИЗАЦИИ СТЕНДА «ТРЕНАЖЕР ВИН»
В 2019–2020 ГОДАХ**

**Васильев В.И., Васильева Н.В., Бондарев Д.А., Юрченко Е.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Имеющиеся системы отображения внешней визуальной обстановки на стенде «Тренажер ВИН» и в системе имитации внешней визуальной обстановки тренажера РС МКС при обзоре полосы наблюдения 800 км позволяют отображать земную поверхность с разрешением хуже 350 м на пиксел для невооруженного глаза. В тоже время с высоты 400 км человек различает подстилающую поверхность с разрешением 120–150 м на пиксел.

Чтобы достичь адекватного восприятия наблюдаемых объектов, необходимо расширить поле системы отображения в несколько раз.

С этой целью предлагается поле отображения внешней визуальной обстановки реализовать в виде видеостены размером 4×2,5 метра скомпонованной из 9 мониторов. Это позволит создать условия наблюдения земной поверхности с разрешением до 150 м на пиксел, то есть адекватным условиям наблюдения с борта РС МКС.

Поскольку видеостена располагается на расстоянии 1,5–2 метра от наблюдателя (иллюминатора), то возникают необходимые условия настройки научной аппаратуры при регистрации объектов наблюдения.

В состав стенда «Тренажер ВИН» вводится третье рабочее место оператора РМОЗ, которое позволит осуществить предложенную систему отображения внешней визуальной обстановки.

На ширме РМОЗ устанавливается имитатор иллюминатора диаметром 420 мм со штатными элементами крепления научной аппаратуры, что даст возможность через кронштейны (адаптеры) штатно монтировать на нем научную аппаратуру.

Реализация предложенных технических решений позволит значительно повысить качество подготовки космонавтов к применению научной аппаратуры.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
КАНДИДАТОВ В КОСМОНАВТЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРЕНИРОВОК
НА «ТРЕНАЖЕРЕ ВИН»**

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

Представленная в докладе Методика регламентирует порядок выполнения работ на «Тренажере ВИН» в ходе проведения тренировки кандидатов в космонавты на этапе общекосмической подготовки (ОКП) для оценки приобретенных ими практических навыков визуальных наблюдений.

Методика определяет функции лиц, участвующих в проведении контрольного занятия в форме тренировки кандидатов в космонавты, состав используемых технических средств и порядок работы, а также процедуру оценивания результатов тренировки.

В основу изучения раздела «Основы визуально-инструментальных наблюдений поверхности Земли из космоса» на этапе ОКП заложен принцип обучения по «региональной схеме». В рамках данного подхода вся поверхность Земли, наблюдаемая с борта РС МКС, разделена на несколько физико-географических регионов. По завершению изучения каждого региона проводится контрольное занятие в форме тренировки с использованием стенда «Тренажер ВИН» [1].

Применение «Тренажера ВИН» позволяет не только сформировать, но и оценить приобретенные первоначальные навыки кандидатов в космонавты по обнаружению и распознаванию ориентиров и типовых объектов данного региона, установить уровень их географических знаний, а также способностей к дешифрированию и привязке к ориентирам, ведению профессионального репортажа.

Основные принципы, заложенные в данную Методику, прошли апробацию во время отбора претендентов в кандидаты в космонавты набора 2017–2018 гг. и используются в настоящее время в ходе ОКП.

Литература

[1] 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 № 3 (16) 2015, С. 83–91 (ISSN 2226-7298).

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

В настоящее время пилотируемая космонавтика служит одним из ведущих источников научно-технического, социального, эколого-экономического прогресса для определения сверхмасштабных возможностей глобальных проблем, созданных деятельностью человека. Большую роль в пилотируемых космических полетах уделяется проведению научно-прикладных исследований и экспериментов (НПИиЭ). В частности, специалистами ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» осуществляется подготовка космонавтов по значительному спектру направлений НПИиЭ, при этом особое внимание уделено геофизическим экспериментам и ДЗЗ земной поверхности.

Теоретическая подготовка НПИиЭ осуществляется в форме лекций в камеральных условиях с использованием информационных ресурсов «Тренажера ВИН». Далее на нем происходит отработка практических навыков космонавтов. Тренажер обеспечивает отработку навыков операторской деятельности космонавта на всех этапах выполнения визуально-инструментальных наблюдений (ВИН).

Дальнейшее закрепление и отработка полученных навыков космонавтами осуществляется в ходе проведения учебно-тренировочных полетов на самолете-лаборатории (СЛ) Ту-134ЛК.

СЛ Ту-134ЛК обеспечивает:

- тренировки космонавтов по выполнению ВИН с применением штатной научной аппаратуры в условиях ограничения времени наблюдения реальных природных и антропогенных объектов и их регистрации;
- выработку общих навыков ориентирования на местности.

На протяжении длительного времени СЛ Ту-134ЛК является одним из основных средств подготовки космонавтов к выполнению визуально-инструментальных наблюдений из космоса. Полеты на СЛ Ту-134ЛК над территорией Российской Федерации осуществляются по разработанным маршрутам между 40 и 65 градусами с.ш.

Структура, механизмы функционирования и динамика современных ландшафтов (геосистем) определяются как природными, так и антропогенными факторами [1, 2]. УТП над геосистемами ориентированы на решение не только насущных прикладных задач, связанных с оптимизацией природопользования, охраной окружающей среды и ландшафтно-экологическими экспертизами, но

вместе с тем нацелены на отработку всех приобретенных космонавтами навыков, которые пригодятся им в научно-исследовательской и операторской деятельности на борту.

Благодаря выполнению УТП по обоснованно-выбранным территориям, где расположены природные зоны особого риска, космонавтами осуществляется их мониторинг, в ходе которого проводятся наблюдения за процессами восстановления лесов на месте ТБО и после пожаров, за состоянием заповедников и заказников, за колебаниями уровня воды в реках и водохранилищах, объектов агропромышленного комплекса, инфраструктуры крупных городов, горных систем и вулканов, за состоянием промышленных объектов, ГЭС, АЭС, карьеров, угольных бассейнов и т.д.

УТП проводятся над территориями наблюдения типовых объектов в период малой облачности, которая зависит от рельефа, климата и сезонности.

Маршруты УТП по югу России охватывают Южный Федеральный округ РФ: (Симферополь – объекты Крыма – объекты Кавказа – Махачкала – Сочи – Новороссийск – Астрахань).

Маршруты по Центральной полосе России, проходящие над территорией Центрального Федерального округа РФ, включают в себя: (Чкаловский – Самара – Воронеж – Курск – Чкаловский). По этим маршрутам УТП выполняются как в летний, так и в зимний период.

Маршруты по Сибирскому Федеральному округу охватывают южную его часть: (Красноярск – Алтай – Ангара – Байкал – Иркутск – Восточный Саян).

В прошлом году были осуществлены учебно-тренировочные полеты по задачам наблюдения объектов Дальневосточного Федерального округа с аэродромов временного базирования в аэропортах Улан-Удэ и Петропавловск-Камчатский.

За последние 5 лет в ЦПК разработаны и выполнены свыше двадцати маршрутов, включающие набор реальных объектов наблюдений, участков природных и антропогенных ландшафтов, по которым космонавтами проводятся исследования с борта РС МКС в интересах космических экспериментов «Ураган», «Дубрава» и «Сценарий».

Литература

[1] Основы ландшафтоведения: учеб. пособие / А.В. Наговицын, И.В. Фролова. Перм. гос. ун-т. – Пермь. – 2008. – 156 с.

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

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ ПОЛЕТОВ НА ВИЗУАЛЬНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМОЛЕТА-ЛАБОРАТОРИИ ТУ-134ЛК

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

Подготовка к визуально-инструментальным наблюдениям (ВИН) объектов подстилающей поверхности – это комплекс мероприятий, направленных на формирование модели деятельности космонавта, адекватной или максимально приближенной к реальной работе на борту ПКА, включающий в себя учебно-тренировочные полеты (УТП) на самолете-лаборатории, в процессе которых выполняются наблюдения и фотосъемка природных и антропогенных объектов, а также разнообразных процессов и явлений происходящих на земной поверхности и в атмосфере.

В качестве регионов наблюдения с использованием авиационной техники были выбраны участки территорий Центрального, Южного, Приволжского, Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. К участию в полетах были привлечены специалисты ведущих научных центров и организаций гг. Симферополь, Севастополь, Екатеринбурга, Красноярска, Дивногорска, Железногорска, Иркутска, Улан-Удэ, Южно-Сахалинска и Петропавловск-Камчатского.

Учебно-тренировочные полеты по многим из этих регионов разработаны и выполнены впервые.

Целью мероприятий, связанных с организацией учебно-тренировочных полетов совместно со специалистами и учеными научных центров, было практическое ознакомление и изучение космонавтами физико-географических характеристик новых регионов наблюдения, участков прилегающих акваторий, определение наиболее значимых объектов на их территориях, которые могли бы быть включены в программу тренировочных полетов на самолете-лаборатории Ту-134ЛК и в программу научно-прикладных исследований на борту Международной космической станции.

Для достижения поставленной цели были реализованы следующие мероприятия:

– В период с 2015 года по настоящее время разработаны и выполнены учебно-тренировочные полеты по, более чем, двадцати маршрутам, включающие набор реальных объектов наблюдений, участков природных и антропогенных ландшафтов, по которым космонавтами проводятся исследования с борта РС МКС в интересах космических экспериментов «Ураган», «Дубрава» и «Сценарий». В ходе УТП проводились наблюдения и регистрация штатными фотоаппаратами, научной аппаратурой «ФСС», «Фиалка МВ-Космос» и

«ФСР». Уникальность ряда проводимых исследований обуславливалась еще и тем, что съемки объектов одновременно входили в циклограмму работ российских членов экипажа МКС.

– В ходе наземной подготовки с космонавтами проведены практические занятия на базах ведущих научных центров, 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.

В ходе реализации данных мероприятий достигнуты следующие результаты:

– Изучены новые регионы проведения тренировок по ВИН, включающие семь природных зон России (тундра, лесотундра, тайга, смешанные и широколиственные леса, лесостепь, степь, полупустыни-пустыни), горные районы, территории активного вулканизма, прибрежные территории и акватории, речную сеть и большое количество разнотиповых промышленных, гидротехнических и природно-антропогенных объектов наблюдения.

– Разработаны и опробованы новые маршруты полетов на ВИН с аэродромов временного базирования гг. Адлер, Симферополь, Екатеринбург, Красноярск, Иркутск, Улан-Удэ и Петропавловск-Камчатского, выработаны организационно-методические основы выполнения УТП.

Благодаря выполнению учебно-тренировочных полетов с аэродрома временного базирования была использована возможность оперативного выбора маршрута и времени вылета с учетом текущих погодных условий в регионе выполнения тренировочных полетов, что позволило оптимально и с высоким качеством реализовать программу летных тренировок космонавтов по задачам ВИН.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ СРЕД И СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА БОРТУ РС МКС

Васильев М.М., Жук А.З., Петров О.Ф.

(ОИВТ РАН, Лаборатория физики активных сред и систем МФТИ, г. Москва)

Савин С.Ф., Чурило И.В.

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

Борейшо А.С., Михайленко А.С.

(АО «Лазерные системы», г. Санкт-Петербург)

Освоение человеком космических тел с пониженным уровнем ускорения силы тяжести (астероиды, Луна, Марс), длительные, более одного года, космические полеты к другим планетам Солнечной системы, потребуют

предварительного изучения вопроса – как пониженное гравитационное поле влияет на различные физические, химические и биологические процессы [1]. Например, в системах замкнутого жизнеобеспечения на лунной поверхности растения, грибы и животные, миллионы лет эволюционировавшие в условиях земной гравитации, будут вести себя неизвестным образом. Также не поддается численному моделированию характер многих физико-химических процессов в таких условиях [2]. Так, процесс получения кислорода, из лунного и марсианского грунта в результате электрохимических реакций будет протекать существенно иным образом, чем на Земле.

В наземных лабораторных условиях относительно легко проводить изучение влияния продолжительного воздействия гравитационных полей, превышающих естественный уровень ускорения силы тяжести на поверхности Земли, на характер протекания различных физических, химических и биологических процессов. Для этого можно использовать центрифугу, создающую дополнительное к земному гравитационному полю, центробежное ускорение.

С целью эффективного использования возможностей и ресурсов РС МКС для проведения космических экспериментов, а также развития и расширения актуальных инновационных исследований в области физики активной материи, рассматривается возможность организации постоянно действующей Научно-исследовательской «Лаборатории активных дисперсных сред в микрогравитации». Эту лабораторию планируется организовать на основе четырехстороннего соглашения между ОИВТ РАН, РКК «Энергия», АО «Лазерные системы» и МФТИ.

В настоящее время эти предприятия ведут совместные работы по подготовке космических экспериментов «Дисперсия», «Пыль-УФ», «Кулон-магнит» и «Кулон-плазма» для проведения на РС МКС. Целью этих экспериментов является изучение поведения дисперсных сред в условиях микрогравитации. Готовятся эксперименты по изучению электрохимических реакций в условиях пониженной гравитации и микрогравитации. Кроме этого ведется разработка «космической центрифуги», для РС МКС, позволяющей изучать протекание физических, химических и биологических процессов в условиях действия пониженной искусственной гравитации.

Накопленный в ходе текущих работ положительный опыт и уже достигнутые конкретные позитивные результаты показывают пользу такого взаимодействия и позволяют надеяться, что дальнейшее углубление сотрудничества существенно повысит эффективность подготовки и проведения сложных космических экспериментов.

Литература

- [1] Легостаев В.П., и др. Использование ресурсов Луны для исследования и освоения Солнечной системы в XXI веке//Космическая техника и технологии. 2014. № 1. С. 3–14.
- [2] Фортон В.Е., Морфилл Г.Е., ред. Комплексная и пылевая плазма из лаборатории в космос. М.: Физматлит, 2012.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БАКТЕРИОФАГА С БАКТЕРИЕЙ

Сыкилинда Н.Н., Мирошников К.А.

(Федеральное бюджетное учреждение науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук, г. Москва)

Гуреева Е.А.

(НПП «Энергия», г. Королёв)

Лаврикова В.В., Старицын Н.А.

(ОАО «БИОХИММАШ», г. Москва)

Целью КЭ «Микровир» является исследование влияния факторов космического полета (ФКП) на скорость литического (разрушающего) действия бактериофагов на бактерии. Бактериофаги – вирусы бактерий, одно из важнейших звеньев экологической системы, участвуют в переносе генетической информации, поддержании и регулировании микробных сообществ. Открытие бактериофагов является одной из самых важных вех в истории биомедицинских исследований, приведшим к многочисленным фундаментальным открытиям и достижениям в науке и жизни. Одной из областей использования бактериофагов является антибактериальная терапия, альтернативная приему антибиотиков, что актуально в связи с нарастающей проблемой антибиотикостойчивости микроорганизмов. В условиях замкнутых пространств, в том числе на МКС, даже условнопатогенные микроорганизмы могут представлять большую опасность. Поэтому изучение влияния ФКП на взаимодействие вирусов с клеткой-хозяином представляет, как научный, так и практический интерес.

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» (разработчик и изготовитель НПП «БиоТехСис», ОАО). Кассета НА представляет собой три экспериментальные ячейки, соединенные между собой в единую сборку. Экспериментальная ячейка состоит из двух емкостей, между которыми сформирован канал для перетеснения содержимого верхней ячейки в нижнюю. Конструкция кассеты обеспечивает перетеснение рабочих растворов из верхней емкости в нижнюю

раздельно для каждой экспериментальной ячейки. На рисунке 1 представлены фото заправленной кассеты в разные моменты эксперимента.



Рис. 1. Заправленная кассета НА «Микровир»:
а – до перетеснения, б – после перетеснения, с – после лизиса клеток

Верхние ячейки 1 и 3 заправлены суспензией клеток *E.coli*. В верхнюю ячейку 2 внесена питательная среда без клеток. Все нижние ячейки заправлены 20 % глюкозой, в нижние ячейки 2 и 3 добавлен бактериофаг. После перетеснения содержимого верхних ячеек в нижние наблюдали увеличение мутности в нижней ячейке 1 в результате роста клеток и снижение мутности нижней ячейки 3 за счет разрушения клеток фагом. Ячейку 2 использовали в качестве контроля прозрачности среды и контроля стабильности вируса в процессе эксперимента.

Для оценки скорости инфицирования клеток бактериофагом на МКС через определенные промежутки времени проводили фотосъемку содержимого кассет НА в автоматическом режиме и в ручном с комментариями космонавтов. Одновременно в ИБХ РАН проводились синхронные эксперименты.

Процесс размножения вируса сопровождается протеканием множества ферментативных реакций, начиная от его проникновения в клетку и образования новых вирусных частиц и заканчивая выходом новых вирусов из клеток в результате их лизиса. Было показано, что ферменты на МКС проявляли более высокую активность по сравнению с синхронным измерением на Земле [1]. Однако, не обнаружено достоверной разницы в скорости размножения бактериофага T7 в клетках *E.coli* на МКС и на Земле. Возможно, более высокие скорости биохимических реакций при размножении фага в условиях невесомости нивелируются фенотипическим изменением клеток, которые становятся недоступными для вируса в результате образования агрегатов [2].

Увеличение продолжительности пребывания клеток в условиях невесомости приводит к снижению числа чувствительных к фагу клеток. Это значительно уменьшает чувствительность метода оценки результатов экспериментов из-за фоновой мутности. Второй критической величиной, влияющей на взаимодействие фага с клеткой, является продолжительность доставки заправленной аппаратуры на МКС. Несмотря на то, что клетки сохраняют жизнеспособность в течение длительного периода, вероятно, накапливающиеся метаболиты подавляют размножение фага.

Литература

[1] Евстигнеев В.И., Гуреева Е.А., Крашенинникова Т.К., Сеницын А.Н., Векслер К.В. Влияние условий орбитального космического полета на скорость ферментативной реакции. // Международная научно-практическая конференция «Научные исследования и эксперименты на МКС», Москва, 9–11 апреля 2015 г.

[2] L. Zea, M. Larsen, F. Estante, K. Qvortrup, R. Moeller, S. Oliveira, L. Stodieck, D. Klaus Phenotypic Changes Exhibited by E. coli Cultured in Space // Front. Microbiol., 28 August 2017.

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ И ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА РС МКС

Дёмина Е.А., Коробкова Г.Н.
(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев)

Душенко А.Г.
(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Лахин О.И., Мартынчев Е.А.
(ООО «НПК «Разумные решения», г. Самара)

Целью настоящей работы являлась разработка автоматизированной системы поддержки процесса формирования и выполнения программ НПИ на РС МКС с применением мультиагентных технологий (МАТ) для повышения эффективности формирования и выполнения программ научно-прикладных исследований (НПИ) на РС МКС.

Основной задачей, решаемой при формировании и выполнении программ НПИ, является обеспечение согласованного планирования наземной подготовки космических экспериментов (КЭ), доставки грузов с научной аппаратурой (НА) на борт РС МКС, размещения НА на борту станции, сеансов работ по проведению КЭ, своевременного возврата на Землю результатов космических экспериментов (КЭ), а также контроль выполнения КЭ для адаптивного пересмотра взаимосвязанных планов в реальном времени и повышению эффективности использования ресурсов. Несмотря на положительную динамику по увеличению числа проводимых КЭ, сохраняется дисбаланс между числом выполняемых сеансов, доступностью имеющихся ресурсов и рабочего времени экипажа. Решение данной задачи требует повышения качества контроля этапов наземной подготовки и планирования интеграции НА с ресурсами комплекса целевых нагрузок (КЦН).

Поскольку план интеграции НА к ресурсам КЦН и их режимов работы в ходе проведения КЭ формируется с учетом множества факторов, любое изменение в программе реализации НПИ (перенос дат запусков в программе полета, изменение габаритов НА и т.п.) ведет к цепочке изменений в текущем

плане, повышая вероятность возникновения конфликтов. Этим определяется высокая сложность данной задачи, текущий уровень автоматизации которой не позволяет учитывать различные критерии планирования, мониторинг ситуации в реальном времени и реагировать на события из других систем.

Для решения данной задачи разработана «Автоматизированная система поддержки процесса формирования и выполнения программ НПИ РС МКС» (АСПП НПИ) на основе МАТ, а также произведена их интеграция с «Мультиагентной системой построения программы полета, грузопотока и расчета ресурсов РС МКС» (МАС «Программа полета и грузопотока») и «Автоматизированной системой планирования» (АСП). В основе мультиагентного подхода планирования лежит использование программных агентов, которые могут действовать от лица КЭ или его куратора, планируя оптимальные сроки проведения КЭ и договариваясь с агентами НА о сроках доставки на борт МКС и подключения к ресурсам КЦН.

Особенностью мультиагентного подхода является возможность формирования плана проведения сеансов КЭ, доставки и интеграции НА в КЦН в результате функционирования динамически формируемой сети потребностей и возможностей ресурсов МКС. Текущая конфигурация интересов агентов в такой сети может изменяться в любой момент под действием внешних или внутренних событий. Интерактивный характер взаимодействия позволяет в любой момент времени, т.е. без полного перепланирования, адаптивно дорабатывать или перестраивать планы проведения сеансов КЭ, доставки и интеграции НА в КЦН по мере возникновения событий или с целью оптимизации [1].

К ожидаемым эффектам от внедрения данных систем относятся [2]: поддержание актуальной информации по характеристикам КЭ, НА и ресурсов КЦН, и обеспечение оперативного доступа в рамках единого информационного пространства; своевременное информирование о событиях, способных привести к изменениям в программе реализации, и учет таких событий в плане; сокращение сроков согласования и выпуска документации; повышение взаимодействия между отделами Корпорации в части планирования использования ресурсов КЦН при выполнении КЭ; автоматизация рутинных операций и уменьшение человеческих ошибок; возможность поддержки принятия решений специалистами Корпорации; сокращение затрат на формирование и реализацию программ НПИ.

Применение МАТ позволяет ввести элементы самоорганизации в систему поддержки принятия решений в области формирования и выполнения программ НПИ на РС МКС. Тем самым реализуется новый подход к решению поставленной задачи, который позволяет справляться с растущей сложностью планирования программ НПИ.

Литература

[1] Скобелев, П.О. Опыт создания мультиагентных систем для аэрокосмических применений / П.О. Скобелев, Е.В. Симонова, И.А. Сюсин, А.В. Царев, С.С. Кожевников // Труды X международного симпозиума «Интеллектуальные системы» (INTELS'2012), Вологда, 25–29 июня 2012 г. – М.: РУСАКИ, 2012. – С. 251–254.

[2] Е.А. Дёмина, Г.Н. Коробкова, О.И. Лахин, Е.А. Мартынчев. Подход к долгосрочному планированию программ научно-прикладных исследований на Российском сегменте Международной космической станции с применением мультиагентных технологий и онтологий // Труды XX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», Самара, 03–06 сентября 2018 г. – Самара: ОФОРТ, 2018. – С. 106–111. – ISBN 978-5-473-01200-2.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ

Кравченко С.И., Кривчун В.Н., Андреев Д.А., Агапов А.А.
(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Горбачев Е.Б.
(РКК «Энергия», г. Королев)

В настоящее время при создании новых космических аппаратов внедряется в практику создание эксплуатационной документации в форме интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР). Использование электронной документации открывает новые, более широкие возможности для создателей нового объекта и эксплуатирующего персонала на всех этапах жизненного цикла изделия, включая подготовку специалистов, использование изделия по назначению, выполнение отладочных, ремонтных работ и др.

Для выполнения всего объема работ в процессе эксплуатации объекта в ИЭТР включается информация о составе и размещении оборудования, описание функционирования объекта и его систем в различных режимах, порядок его эксплуатации, проведения профилактических работ, выявления неисправностей, ремонта и т.д. Безусловно, эта информация необходима и для обеспечения подготовки космонавтов. Следует отметить, что использование электронной формы и современных информационных технологий позволяет более полно и понятно раскрывать устройство и принцип действия технических систем. Наиболее наглядными в этом смысле являются анимированные ситуационные схемы, сюжеты виртуальной реальности с трехмерным представлением объекта и его подсистем, мнемосхемы коммуникаций, физических и информационных потоков в технологическом процессе.

Особенностью ИЭТР также является высокая степень интерактивности. Реализована возможность непосредственного подключения электронного

руководства к объекту управления для обработки и ввода в документ текущих параметров, моделирования и представления в виде схем происходящих в данный момент процессов, возникающих штатных и нештатных ситуаций. Для парирования последних в ИЭТР может включаться система информационной поддержки принятия решений (СИППР).

Основными режимами работы СИППР являются тренировки по парированию катастрофического развития ситуации, и реальное использование электронного руководства в качестве рекомендательного или директивного источника информации в критических ситуациях.

На наш взгляд, при правильной организации процесса разработки ИЭТР и его контента следует еще на стадии создания изделия учитывать требования и рекомендации методистов, которые будут осуществлять подготовку космонавтов с учетом опыта использования ими интерактивных обучающих пособий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ПАРОДОНТ-2»

**Ильин В.К., Соловьева З.О.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, Москва)**

Возможность развития неблагоприятных изменений в тканях пародонта членов экипажей в условиях космического полета (КП) была подтверждена при исследованиях в рамках космического эксперимента «Пародонт». Показано, что по завершению КП происходят существенные изменения микрофлоры тканей пародонта и местного иммунитета у космонавтов. Существовавший комплект «Пародонт» не обеспечивал полноценной доставки с борта всей микробиоты, включающей анаэробные микроорганизмы [1].

Проведены исследования в рамках космического эксперимента (КЭ) «Пародонт-2» в условиях 8 длительных экспедиций на Международную космическую станцию (МКС). Длительность экспедиций составляла от 167 до 198 дней.

Целью эксперимента являлась оценка эффективности способов и средств контроля микробиоценоза и иммунитета пародонта в условиях КП.

Для этого в условиях КП решались следующие задачи: исследование анаэробной микрофлоры пародонта и десневой жидкости для получения данных о состоянии факторов резистентности и иммунитета пародонта.

Для исследований использовались: комплект «Микробный контроль» («МК») и укладка «Десневая жидкость» («ДЖ»). Пробы отбирались в предполетном периоде (60, 14 суток до старта), в полете (за 1–2 суток до возвращения пробоотборников на Землю), в послеполетном периоде (1, 7 сутки после по-

садки), в утренние часы натошак, до процедуры чистки зубов. При определении микробиоты пародонта обследуемых взятие проб производили с десневой зубной бляшки 7, 10, 23 и 26 зубов верхней и нижней челюсти в соответствии с универсальной схемой нумерации, языка, буккального эпителия, глотки и неба с помощью восьми пробоотборников. При определении содержания иммуноглобулинов в ротовой жидкости взятие проб осуществляли снаружи между 1 и 2 резцами справа и слева, на верхней и нижней челюсти стерильными ватными тампонами, которые прикладывались на 2 минуты к месту отбора проб.

При анализе полученного материала применялись современные методы молекулярно-биологического исследования (ПЦР) и иммунохимические методы исследования.

Проведенная детекция маркерной дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) пяти основных пародонтопатогенных видов – *Prevotella intermedia*, *Tannerella forsythia*, *Treponema denticola*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis* [2], показала наличие в ротовой полости обследуемых представителей этой группы. Встречаемость пародонтопатогенных бактерий в полете возросла более чем в 3,5 раза – с 15,9 % до 55,7 %. После полета она составляла 25 %.

Проведенный иммунохимический анализ десневой жидкости у обследуемых показал, что содержание иммуноглобулинов в десневой жидкости индивидуально для каждого космонавта. Вместе с тем, в период обследования космонавтов можно определить несколько направлений изменения содержания иммунологических показателей в десневой жидкости, а именно: увеличение содержания sIgA с пиком в полете и последующее снижение в послеполетном периоде; уменьшение содержания IgA с минимальным значением в полете и последующее увеличение в послеполетном периоде; содержание IgM остается на одном уровне.

Таким образом, под влиянием факторов космического полета наблюдается нарушение как минимум в двух барьерах колонизации пародонта. Это барьер, сформированный комменсальной микрофлорой и барьер, формируемый гуморальным иммунитетом. Полученные результаты показали, что методики проведения исследований с помощью укладки «ДЖ» и комплекта «МК» были выполнены правильно, что позволило получить достоверные данные.

Дальнейшим направлением исследований является создание системы мер профилактики развития воспалительных процессов пародонта в космическом полете. Эффективность коррекции и стабилизации микробиоценоза зубочелюстной системы, ротоглотки и других биотопов с помощью пробиотиков и бактериофагов в условиях космического полета необходимо оценить в планируемом космическом эксперименте «Пародонт-Лор».

Комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ–ИМБП РАН одобрены исследования, в которых в качестве обследуемых принимали участие российские космонавты.

Литература

[1] Ильин В.К., Воложин А.И., Виха Г.В. Колонизационная резистентность организма в измененных условиях обитания. Москва. «Наука». – 2005 – 276 с.

[2] Царев В.Н., Николаева Е.Н., Ипполитов Е.В. Пародонтопатогенные бактерии – основной фактор возникновения и развития пародонтита // Журнал микробиол., эпидемиол., иммунобиол. (ЖМЭИ). – 2017. – № 5. – С.101–112.

СПОСОБ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ В РЕНТГЕНОВСКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тимофеев Г.А., Потрахов Н.Н.
(ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед», СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Как известно, для беспроводной связи традиционно используется радиочастотный диапазон электромагнитного излучения, а также оптическое (видимое) излучение. При этом переход на оптическую связь в космосе позволил достичь больших скоростей передачи при меньших затратах энергии. По этой же причине, теоретически, переход на рентгеновскую связь может превзойти нынешние показатели.

Эксперименты, результаты которых описываются в данной работе, проводились с целью исследования возможности передачи информации в эксагерцовом (рентгеновском) диапазоне частот электромагнитного излучения.

В наше время подобные разработки проводятся в Китае и США. Так, в 2016 г. КНР вывела на околоземную орбиту специальный космический аппарат XPNAV-1 для исследований в области навигации с помощью космических источников рентгеновского излучения – рентгеновских пульсаров [1]. В феврале 2019 года на сайте NASA появилась информация об успешном завершении эксперимента по передаче информации в космосе [2].

Однако к настоящему времени развернутые каналы наземной, воздушной или космической связи в рентгеновском диапазоне частот документально неизвестны.

В качестве основного конструктивного узла предлагаемой системы передачи информации была использована модулируемая импульсами оптического излучения отечественная рентгеновская трубка с фотокатодом (рис. 1) [3].



Рис. 1. Рентгеновская трубка с фотокатодом

На основе этой трубки в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» были разработаны действующие макеты передатчика и приемника рентгеновского излучения (РИ) [4].

В ходе предварительных испытаний комплекта разработанных средств связи были получены результаты как по передаче одиночного импульса РИ, так и по передаче последовательности импульсов РИ (рис. 2).

На рисунке 2 проиллюстрирован процесс передачи данных: эпюра оптического входного сигнала 1 и эпюра протектированного рентгеновского сигнала 2. Условия передачи пакета импульсов: объем пакета данных – 16 бит, скорость передачи – 0,7 Мбит/с, дальность – 1 м, среда распространения сигнала – воздух, анодное напряжение – 40 кВ, пиковый анодный ток – 10 мА.

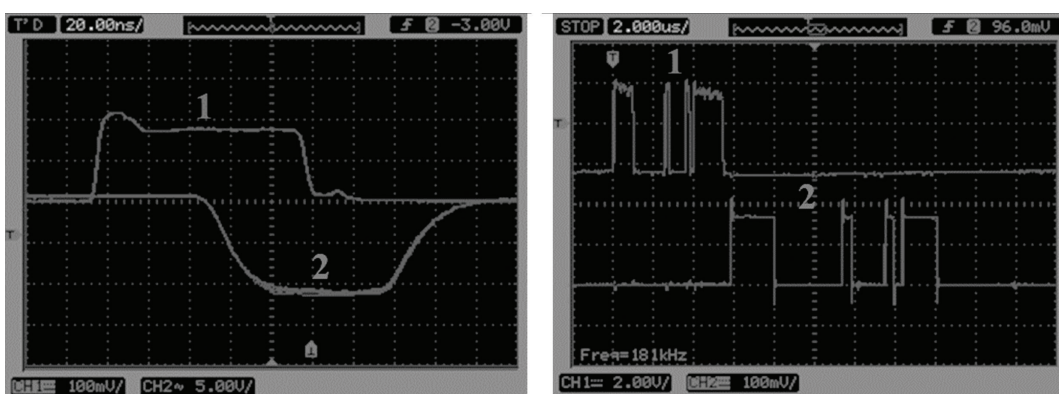


Рис. 2. Передача одиночного импульса РИ (слева) и передача пакета импульсов (справа)
1 – оптический сигнал, 2 – протектированный сигнал.

Литература

- [1] Xinyuan Zhang, Ping Shuai, Liangwei Huang, Shaolong Chen, Lihong Xu. Mission Overview and Initial Observation Results of the X-Ray Pulsar Navigation-I Satellite // International Journal of Aerospace Engineering. 2017 –7 July (vol. 2017).
- [2] Lori Keesey, NASA Set to Demonstrate X-ray Communications in Space, NASA, Feb. 19, 2019. www.nasa.gov.
- [3] Патент РФ на изобретение № 2487433. Алымов О.В., Левко Г.В., Лукьянов В.Н., Серебряков А.С., Мамаева Г.А., Филиппова О.А., Фролов В.М., Коротун В.П. Катодный узел электровакуумного прибора для работы при высоких напряжениях. Заявл. 29.12.2011, опубл. 10.07.2013.
- [4] Патент РФ на изобретение №2543525 от 07.08.2013 «Способ передачи информации и устройства для его осуществления».

ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

**Дымова А.А., Орлова С.В., Новикова Н.Д., Дешевая Е.А., Поддубко С.В.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

Искусственно созданная и длительно действующая среда обитания Международной космической станции (МКС) служит своеобразной антропо - технологической нишей жизнедеятельности определенных групп микроорганизмов, включающих как микроорганизмы - представители аутомикрофлоры кожных покровов и слизистых оболочек человека, так и патогенные для человека формы и микробы – технофиллы - биодеструкторы и возбудители биокоррозии.

В процессе эксплуатации МКС регулярно проводился отбор и анализ микробиологических проб воздушной среды и с поверхностей интерьера и оборудования. К настоящему времени обнаружено более 100 видов различных бактерий и микроскопических грибов.

В ходе многолетней эксплуатации различных модулей РС МКС микрофлора среды подвергается специфической эволюции, при этом динамика микробной нагрузки не носит линейно-прогрессирующего характера и является волнообразным процессом чередования фаз активации и стабилизации микрофлоры, на фоне которых происходит смена доминирующих по численности и распространенности видов.

Постоянными обитателями среды РС МКС являются микроорганизмы представители слизистых оболочек и кожных покровов человека родов *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*. Помимо типичных представителей аутомикрофлоры человека, в среде обитания часто обнаруживали спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, а также грамотрицательные неферментирующие

бактерии, являющиеся обитателями природных резервуаров. Состав грибного компонента отличался разнообразием и представлен микромицетами родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Cladosporium* в основном.

Эволюция микрофлоры в этих условиях сопровождается возникновением медицинских и технологических рисков, способных оказывать влияние как на санитарно – микробиологическую обстановку, так и на характеристики безопасности и надежности космической техники.

Технологические риски определяются развитием процессов биоповреждений и биокоррозии конструкционных материалов интерьера и оборудования, появлением отказов и нарушений в работе отдельных звеньев регенеративных систем жизнеобеспечения.

Эти явления детерминируются формированием высокоактивных штаммов - биоагрессоров.

Полученные данные дают основания предполагать, что эволюция микроорганизмов в среде МКС может быть инициирована космофизическими факторами.

Накопленные данные свидетельствуют о необходимости постоянного контроля за микробным фактором среды обитания в целях поддержания ее оптимального санитарно – микробиологического состояния и предотвращения процессов биодеструкции конструкционных материалов.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА МКС ПО ГОРЕНИЮ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И НАРАБОТАННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ОПЫТ

Пичугин С.Б.

(ПАО «РКК «Энергия», г. Москва)

**Артемьев О.Г., Прокопьев С.В., Кононенко О.Д., Новицкий О.Д.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Фролов С.М.

(ФИЦ ХФ РАН)

Цель публикации заключается в том, чтобы ознакомить аудиторию с успехами в области экспериментальных исследований горения газовых смесей в условиях микрогравитации на борту МКС, затронуть вопросы истории их проведения. Актуальность темы заключается в нарастании интереса к теме функционирования двигательных установок и устройств, связанных с горением газовых смесей в условиях микрогравитации. Научная новизна заключается в обобщении результатов исследований режимов и структуры пламен, сформированных горением газовых смесей, а также в получении результатов

по надежности функционирования технических средств, связанных с горением в условиях микрогравитации. Практическая значимость заключается в выработке рекомендаций по пожаробезопасности на борту космических объектов, а также по обеспечению функционирования технических средств, связанных с горением в условиях микрогравитации.

В предыдущих публикациях по теме исследований [1–2] по горению капель горючего в условиях микрогравитации на борту МКС, были представлены материалы по результатам проведенных исследований и подробно рассмотрено устройство экспериментальной установки CIR американского сегмента МКС, предназначенной для изучения процессов горения. В частности, были затронуты вопросы обеспечения надежности и безопасности функционирования установки, в том числе использования горения при пониженных температурах (т.н. холодное пламя или беспламенное горение), применения эффективной теплоизоляции, применения оригинального решения по отводу отработанных газов. Были также рассмотрены вопросы обеспечения эффективности и чистоты проведения экспериментов, в том числе обеспечение модульности узлов и систем установки, обеспечение эффективной виброизоляции установки. На текущем этапе получены предварительные данные завершенных экспериментов по горению газовых смесей в условиях микрогравитации с использованием горелок различной формы и размеров, применением газовых смесей различного состава, контролем расхода горючего и окислителя и давлением в исследовательской камере, напряженности электрического поля в ней, а также результаты по диффузионному горению горючего в среде окислителя и, наоборот, окислителя в среде горючего. На данном этапе в состав экспериментальной установки входит экспериментальная камера, получившая название АКМЕ (англ. Advanced Combustion via Microgravity Experiments), которая позволяет оперативно заменять горелки и регулировать условия функционирования камеры. Следует также отметить усложнение видов работ, проводимых в обеспечение подготовки проводимых экспериментов. Если ранее осуществлялась в основном замена баллонов и чистка камеры от сажи, то на текущем этапе осуществляются регулировочные и калибровочные операции компонентов экспериментальной стойки, в частности газового хроматографа и системы расхода горючего и окислителя. Проведение серии экспериментов, связанных с изучением горения газовых смесей в невесомости, получившей название АКМЕ, позволило изучить пламена различной формы и происхождения. В частности, изучались пламена над плоской и круглой горелками различных размеров, пламена в спутной струе окислителя, изучалось воздействие на пламя электрического поля, изучались сферические пламена, формирование которых возможно только в невесомости или в условиях микрогравитации. В

ходе экспериментов удалось получить не только данные по горению, но также данные, характеризующие поведение установок, связанных с процессами горения. Так, определены некоторые типичные отказы таких установок, связанные с подачей топлива (в экспериментах, связанных с исследованием жидких топлив), разгерметизацией при подаче газовой смеси (при исследовании горения газовых смесей), выходом из строя устройств поджига (запальников), отказами органов управления. По оценкам специалистов данный опыт, накопленный в ходе экспериментальных исследований, является чрезвычайно ценным для проектирования устройств, связанных с горением в невесомости, и, в частности, двигательных установок – от маршевых двигателей до двигателей коррекции. Накопленные при экспериментах на стойке CIR знания по исследованию горения жидкостей и газов позволяют перейти к исследованию горения твердых тел. В дополнение к полученным техническим данным был накоплен положительный опыт совместных исследовательских работ международного экипажа и международных команд исследователей, координации работ из центров управления и исследовательских лабораторий, расположенных в различных частях земного шара на удалении тысяч километров друг от друга.

В ходе экспериментальных исследований в рамках серии АКМЕ на экспериментальной установке CIR были получены данные по горению газовых смесей при различных условиях и режимах с использованием горелок различных типов. Формировались пламена, получение которых возможно только в отсутствие гравитации. Были получены ценные данные, касающиеся собственно процессов горения в условиях микрогравитации, а также данные об особенностях функционирования техники, связанной с горением в условиях космоса. Накоплен опыт совместных работ и исследований международных команд ученых и международных экипажей.

Литература

- [1] Новицкий О.В., Пеклевский А.В., Пичугин С.Б., Фролов С.М., Д. Дитрих, Ф. Уильямс, П. Уитсон. Совместный эксперимент «Зарево» и оборудование МКС для его проведения // материалы XII международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос» 24–26 октября 2017 года, Звездный городок, Центр подготовки космонавтов, 2017 г., – С. 85–87
- [2] Пичугин С.Б., Фролов С.М. РКК Энергия им. С.П. Королёва и ИХФ РАН им. Н.Н. Семёнова в космических экспериментах по тематике «Горение в невесомости» // Материалы 12-й Научной конференции по горению и взрыву, г. Москва, ИХФ РАН, 6–8 февраля 2019 года, – С. 110–112.

ELECTROSTATIC LEVITATION FURNACE IN KIBO MODULE

Kitamura K.M.

(JAXA Moscow Office, Moscow)

Saruwatari H., Oda H and Nakamura Y.

(JAXA Tsukuba Space Center, Tsukuba, Japan)

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) has developed the Electrostatic Levitation Furnace (called ELF) for KIBO module in ISS. The development of the ELF has finished in 2016 and now ELF is under operation in Japanese Experiment Module, KIBO.

ELF is the levitation furnace using electrostatic force to control the position of the sample, so ELF can process the wide range of sample, such as metal, glass and ceramics.

ELF uses semiconductor lasers from 4 directions and can heat the sample up to 3,000 degree Celsius.

With in-situ observation equipment in ELF, density, surface tension and viscosity can be measured for the liquid sample over (sometimes under) melting point.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ В РАМКАХ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМАТИВНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ БИОФАБРИКАЦИИ ТКАНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМОЙ МЕТОДОМ ПРОГРАММИРУЕМОЙ САМОСБОРКИ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ И ОРГАНОВ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ» (МАГНИТНЫЙ 3D-БИОПРИНТЕР)

Попова Е.В., Захаров А.О., Бондаренко С.С., Кутник И.В.

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

Долговременное пребывание в условиях невесомости, а также космическая радиация негативно влияют на организм человека особенно при космических полетах за пределами защитной магнитосферы Земли. Методы тканевой инженерии уже на протяжении нескольких десятилетий используются для изучения влияния невесомости и космической радиации на человеческие ткани. При этом биофабрикацию относительно просто организованных человеческих тканей (например, суставного хряща) вполне возможно осуществлять в космосе в специальных биореакторах. В рамках КЭ «Магнитный 3D-биопринтер» магнитный биопринтер позволяет создавать трехмерные объекты без использования химических подложек (так называемый scaffold-free подход), например, формировать человеческие тканеинженерные и органные кон-

структы, в том числе чувствительные к радиации микроорганизмы-сентинелы, такие как, щитовидная железа, с применением условий микрогравитации.

Отмечается, что проведение КЭ в условиях микрогравитации на МКС, позволило существенно снизить используемые на Земле умеренно токсичные концентрации парамагнетиков гадолиния в составе культуральной среды и сред для биофабрикации, что повысило жизнеспособность и целостность органических конструкторов. Кроме того, в ходе проведения КЭ было изучено влияние различных факторов космического полета (микрогравитации, радиации и др.) на тканевый метаболизм сформированных конструкторов. Снижение концентрации парамагнетика в условиях микрогравитации космоса позволило повысить выживаемость и функциональную активность также и бактериальных пленок. В случае изучения процессов кристаллизации разработанная НА позволит изучать широкий спектр неорганических и органических соединений в рамках одной технологической платформы и тем самым существенно снизить стоимость проводимых исследований.

Рассматривается опыт подготовки космонавтов к проведению сеансов магнитной биопечати тканевыми сфероидными из различных типов клеток на базе российского сегмента МКС. Кроме того, в докладе отмечается, что отдельным достижением является совершенствование новой технологии трехмерной биопечати без использования экструдеров, скаффолдов и магнитных меток (nozzle-scaffold-label free bioprinting).

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ТРЕНАЖЕРА ЛУННОЙ ОРАНЖЕРЕИ

**Кутепова О.А., Жуков В.М., Ремнева К.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В соответствии со стратегией освоения дальнего космоса предполагается наличие оранжерейного блока в составе лунной космической базы или межпланетных кораблей [1].

Первичная концепция создания оранжерейного блока может быть отработана в условиях наземного тренажера лунной оранжереи с собственной системой жизнеобеспечения.

Для создания блока лунной оранжереи имеется прототип – оранжерея «Лада», прошедший космические испытания.

В космических экспериментах показано, что растения адаптируются к условиям космического полета, если им создана соответствующая система окружающей среды [2, 3]. Все технические характеристики режимов полива

и освещения в оранжереи «Лада» отработаны в условиях пилотируемых полетов. К настоящему моменту в длительных полетных экспериментах разработана и испытана современная аппаратура контроля и управления параметрами среды обитания растений, а также технология их культивирования [4, 5].

Последняя модификация космической оранжереи «Лада» для МКС удовлетворяет предъявляемым требованиям. Нарастив число ее автономных сегментов увеличенной площади возможно построение оранжерейного блока для выращивания отобранных видов растений в достаточных количествах с частичной автоматизацией процесса выращивания. Процедуры посадки, прореживания, опыления и сбора урожая растений в настоящее время выполняются вручную.

В наземных и полетных экспериментах установлено, что используемый микропористый субстрат в качестве заменителя почвы обеспечивает примерно одинаковую доступность воды и питательных веществ для растений в земных условиях и условиях микрогравитации. В качестве почвы для выращивания растений может быть использован природный лунный грунт – реголит, минерализованный необходимыми веществами. Атмосферный воздух будет подаваться из системы жизнеобеспечения.

Тренажер оранжереи может быть создан на базе типового модуля лунной оранжереи.

В докладе будут представлены материалы, касающиеся вопросов питания растений, способов культивирования растений, видов выращиваемых растений, условий биоценоза и подготовки космонавтов к эксплуатации лунной оранжереи.

На тренажере подлежат отработке навыки монтажа, выращивания растений и обслуживания оранжереи.

Литература

- [1] Галимов Э.М. Замыслы и просчеты. Фундаментальные космические исследования в России последнего десятилетия. М.: Едиториал УРСС. – 2010. – С. 272–289.
- [2] Левинских М.А. Онтогенез, репродукция и метаболизм высших растений в условиях космического полета. / Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – 2002. М., – 49 с.
- [3] Машинский А.Л. Биологические и биотехнологические проблемы культивирования растений на орбитальных станциях / Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – 1997. Санкт-Пет., – 95 с.
- [4] Подольский И.Г., Сычев В.Н., Левинских М.А., Стругов О.М., Бингхем Г.Е. Некоторые особенности жидкостного обеспечения корнеобитаемой среды при культивировании растений в условиях микрогравитации. Авиакосмическая и экологическая медицина. 1998, Т. 32, № 2, – С. 36–43.
- [5] Подольский И.Г., Норох А.А., Бингхем Г.Е. Оценка погрешности теплоимпульсного метода измерения влагосодержания корнеобитаемых сред для космических оранжерей. // Авиакосм. и эколог. мед. 2002, № 1, – С. 55–60.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ОБИТАЕМЫХ ОТСЕКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Кутина И.В., Агуреев А.Н.

(ГНЦ РФ-Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)

Регламентация факторов окружающей среды, а также изучение их действия на организм человека имеет большое значение при оценке влияния условий жизни на здоровье человека и при разработке мероприятий по его сохранению, как в наземных условиях, так и в условиях космического полета. Одним из таких факторов, воздействующих на членов экипажа в период пребывания на пилотируемых космических аппаратах (ПКА), является шум.

Многочисленными работами убедительно доказано, что шум вызывает изменения не только в органе слуха, но и в центральной нервной и сердечно-сосудистой системе [1–5]. Это приобретает особое значение в условиях длительного космического полета.

Для гигиенической оценки влияния шума на членов экипажа ПКА в реальных условиях полета целесообразно учитывать суммарное шумовое воздействие, исходя из возможности кумуляции его эффектов и руководствуясь при этом концепцией суточной дозы шума с учетом видов деятельности (работа, сон) [2].

В связи с этим на Международной космической станции (МКС), начиная с экспедиции МКС-2, проводилось определение основных энергетических параметров шумового воздействия, характеризующих акустическую обстановку в обитаемых отсеках МКС и шумовую нагрузку у российских космонавтов [6]. Рассмотрена динамика основных энергетических параметров шумового воздействия и выполнен сравнительный анализ полученных величин на соответствие их нормативным значениям.

Литература

- [1] И.Я. Яковлева, Э.И. Мацнев. Функциональное состояние слухового анализатора в эксперименте с 2-месячной гипокинезией // Космич. биология и медицина. 1967. – № 3, – С. 66.
- [2] Г.А. Суворов, Л.Н. Шкаринов, Э.И. Денисов, Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций // М.: Медицина, 1984. – С. 123.
- [3] Л.Н. Мармышева, В.Г. Овакимов, Э.И. Денисов, Г.А. Суворов. Особенности влияния шумов средних уровней на операторов машинной обработки информации // Гигиена труда, 1980. – № 7. – С. 3.
- [4] Е.Ц. Андреева-Галанина, С.В. Алексеев, А.В. Кадыскин, Г.А. Суворов. Шум и шумовая болезнь. 1972. – С. 85.

[5] Ч.Д. Вилрайт, Р.К. Ленгл, А.С. Корос. Шум, вибрация, освещенность // Космическая биология и медицина. Обитаемость космических летательных аппаратов. – М.: Наука, 1994. – Т. 2. – С. 152–185.

[6] Р.И. Богатова, И.В. Кутина «Оценка шумовой нагрузки на членов экипажей в период их работы на Международной космической станции» // Труды XIII конференции «Космическая биология и авиакосмическая медицина», Москва, 2006. – С. 37–38.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДАННЫМ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Борщев Н.О.

(Московский авиационный институт, г. Москва)

При проектировании различных космических аппаратов как пилотируемых, так и беспилотных одновременно идет проектирование систем обеспечения теплового режима (СОТР) [1–7] целевой аппаратуры путем их термостатирования и СОТР жилых отсеков путем поддержания постоянной температуры и влажности в гермоотсеке при наличии экипажа на борту. Поэтому одной из первоочередных задач при проектировании может быть выбор материалов, из которых изготавливаются теплозащитные покрытия, и которые, в свою очередь, будут иметь соответствующие теплофизические характеристики, позволяющие минимизировать влияние факторов космического пространства.

В данной работе рассматривается комплексный подход определения теплофизических характеристик материалов под действием многоциклического теплового лучистого нагрева на основе методов решения обратных задач теплопроводности [8–11], по которым может быть спрогнозировано поведение конструкции при выполнении целевых задач.

Литература

[1] Залетаев В.М., Капинос Ю.В., Сургучев О.В. Расчет теплообмена космического аппарата. – М.: Машиностроение, 1979.

[2] Фанов В.В., Мартынов М.Б., Карчаев Х.Ж. Летательные аппараты НПО им. С.А. Лавочкина (к 80-летию предприятия) // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2017. № 2/36. С. 5–16.

[3] Руководство для конструкторов по обеспечению тепловых режимов. Том 1. Расчет внешних тепловых нагрузок и лучистого теплообмена КА. Гонти-1. 1992.

[4] Селиванов А.С. ОАО «Российские космические системы» и создание ракетно-космической техники научного назначения // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2012. № 4(15). – С. 127–134.

[5] Тулин Д.В., Финченко В.С. Теоретико-экспериментальные методы проектирования систем обеспечения теплового режима космических аппаратов. Проектирование автоматических космических аппаратов для фундаментальных научных исследований // Монография.

Сост. В.В. Ефанов; под ред. В.В. Хартова, К.М. Пичхадзе. В 3-ч т. – М.: МАИПРИНТ, 2014. Т. 3. – С. 1320–1437.

[6] Федоров А.В. Основы устройства ракетно-космических комплексов // Учебное пособие, 2012. – 243 с.

[7] Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. – М.: Машиностроение, 1988.

[8] Алифанов О.М., Ненарокомов А.В., Артюхин Е.А. – М.: Янус-К, 2009.

[9] Формалев В.Ф., Ревизников Д.Л. Численные методы. – М.: Физматлит, 2004.

[10] Формалев В.Ф. Теплоперенос в анизотропных твердых телах. – М.: Физматлит, 2015.

СЕКЦИЯ 4

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И СОЗДАНИЯ ТСПК ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПРОГРАММ

**Хрипунов В.П., Наумов Б.А., Сосюрка Ю.Б.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В настоящее время основными направлениями развития отечественной пилотируемой космонавтики являются [1]:

завершение развертывания и обеспечение эффективного использования российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) и возможность замены РС МКС после 2024 г. на российскую орбитальную станцию (РОС);

создание перспективной пилотируемой транспортной системы (ПТК);

создание космической инфраструктуры и технологий для осуществления на рубеже 2030 года пилотируемых полетов в окололунное пространство и на Луну.

Усложнение и умножение решаемых задач, изменение количественного и качественного состава перспективных пилотируемых комплексов, возможная параллельная разработка в ближайшем будущем нескольких масштабных проектов (МКС/РОС, ПТК, Лунная программа) неизбежно приведут к необходимости реализации единой научно-технической политики и комплексного системного подхода к решению вопросов адаптации существующей системы подготовки космонавтов к реализации космических программ, создания и модернизации привлекаемых технических средств подготовки космонавтов (ТСПК).

К числу основных из указанных вопросов можно отнести своевременную разработку, испытания и приведение в готовность к использованию комплекса ТСПК.

Анализ показывает, что обеспечить выполнение всех требований, предъявляемых к комплексу ТСПК для перспективных пилотируемых программ, возможно на основе применения инновационных подходов к созданию ТСПК. В их основу, прежде всего, может быть положена разработка единого, гибкого, открытого, глубоко интегрированного многофункционального тренажерного комплекса, объединяющего все технические средства (включая территориально удаленные). Комплекс должен:

- представлять совокупность унифицированных аппаратных и программных модулей со стандартными интерфейсами и связями между ними;
- создаваться на единой современной операционной платформе и информационной среде, содержащей единый банк исходных данных, программно-математического обеспечения, моделей бортовых систем и моделей движения ПКА;

– иметь открытую архитектуру, использовать преимущественно цифровые и беспроводные технологии, предоставлять более высокий уровень сервиса для космонавтов, инструкторов и инженерного персонала.

Использование пространственно-распределенной структуры комплекса ТСПК требует создания технологий дистанционного управления процессами его функционирования, обеспечения интерактивного взаимодействия отдельных элементов ТСПК. Это требует дальнейшего развития цифровых телекоммуникационных технологий.

Для повышения эффективности и качества подготовки космонавтов в части изучения конструкции и компоновки, интерьера бортовых систем, целевого оборудования ПКА, особенностей внекорабельной (в том числе напланетной) деятельности необходим целый комплекс тренажерных средств, использующих виртуальную реальность и компьютерную генерацию визуальной обстановки. Особенность использования учебно-тренажерного моделирующего комплекса средств виртуальной реальности состоит в том, что на нем можно моделировать физические процессы, которые затруднительно или невозможно смоделировать и «показать» на традиционных тренажерах.

Особая роль в процессе подготовки космонавтов также должна отводиться созданию, внедрению и использованию новых обучающих технологий, основанных на интеллектуальной поддержке процессов обучения, создания компьютерных обучающих программ, информационно-дидактических комплексов, учебных баз данных и баз знаний.

Литература

[1] Основные положения Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу.

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ПОТОКОВЫХ АУДИОВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ТРЕНАЖЕРА ТДК-7СТ4

Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю.

(Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск)

Брагин В.И.

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

Возрастающие требования к тренировочному процессу, связанные с расширением и усложнением полетных задач космонавтов, временем их освоения и оперативной оценкой действий обучаемых ставят новые условия информационного обеспечения тренажеров, связанные как с расширением диапазона

аудиовизуальных данных, так и с более качественным их представлением для оценки тренировочного процесса. Возможность обработки, регистрации и отображения в реальном масштабе времени видеосигналов различных типов и требуемого количества для полноценного контроля является необходимым условием в современных тренажерных комплексах, поскольку расширенный информационный поток данных тренировочного процесса позволяет более объективно оценить процесс тренировки. Для оперативного просмотра инструктором во время тренировки записанной информации и изменения им сценария тренировки, акцентируя внимание космонавтов на допущенные ошибки или особенности функционирования тренажера, необходимо обеспечить быстрый поиск и отображение интересующих фрагментов тренировочного процесса, не останавливая при этом процесс регистрации текущих данных.

Указанные требования к системам обработки, регистрации и отображения данных тренировочного процесса реализованы при разработке и создании *Регистратора* аудиовизуальных данных нового поколения, необходимость которого для повышения объективности оценок действий экипажей при проведении тренировок на комплексном тренажере ТДК-7СТ4 отмечена в [1].

Регистратор – это многофункциональная система управления, обработки, регистрации и отображения потоковых аудиовизуальных данных в реальном масштабе времени на базе персонального компьютера с использованием современных графических процессоров. Программно-аппаратные решения, реализованные на стандартных вычислительных средствах, обеспечивают необходимую функциональность *Регистратора*, обработку потоковых видеоданных (кодирование/декодирование) с разрешением 1920x1080 пикселей формата H.264 в реальном масштабе времени с высоким качеством формируемых изображений. Для функционирования в составе комплексного тренажера ТДК-7СТ4 *Регистратор* адаптирован к форматам данных, поступающих от вычислительной системы тренажера и телевизионной аппаратуры «Фианит-2», особенностью которой является использование параметров сигналов цифрового телевидения высокой четкости для улучшения качества телевизионного изображения. Возможность обработки расширенного потока аудиовизуальных сигналов, включая данные телевизионной аппаратуры «Фианит-2», является отличительной особенностью *Регистратора* от ранее созданной системы обработки и регистрации аудиовизуальной информации (СОРАВИ) для тренажеров ЦПК [2].

Состав основных программно-аппаратных средств, обеспечивающих функционирование *Регистратора* в тренажере: системный блок на базе персонального компьютера, специальное программное обеспечение (СПО), графический пользовательский интерфейс (ГПИ).

СПО, разработанное на платформе 64-разрядной ОС MS Windows 10 и установленное на персональном компьютере системного блока, представляет собой модульную структуру с набором подпрограмм, обеспечивающих оперативность функций управления, регистрации, контроля и отображения данных для оценки тренировочного процесса. Реализация программных модулей ориентирована на высокопроизводительные графические процессоры, что обеспечивает быстрый поиск и отображение необходимых фрагментов тренировочного процесса для оперативного просмотра во время тренировки записанной информации, не останавливая при этом процесс регистрации данных.

Графический пользовательский интерфейс (ГПИ) построен на основе оконного интерфейса ОС MS Windows 10, диалоговых панелей, меню и других элементов для организации управления инструктором с пульта контроля и управления тренировочным процессом, диалога инструктора и экипажа. Выполнение функций подпрограмм СПО осуществляется посредством интерактивного взаимодействия оператора с компонентами соответствующих экранных окон ГПИ, обеспечивающим многооконное отображение текущих данных входных источников, просмотр архива и управление выбором данных конкретного источника для полноэкранного отображения в реальном масштабе времени.

Функциональные и технические характеристики *Регистратора* при использовании его в составе комплексного тренажера ТДК-7СТ4 позволят повысить эффективность контроля процесса тренировок и, следовательно, эффективность подготовки космических экипажей к управлению транспортным кораблем «Союз».

Литература

- [1] Дедов С.В. Регистратор аудиовизуальных сигналов нового поколения для комплексного тренажера ТДК-7СТ4 // XII Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина», Звездный городок, Московская обл., Россия, 24–26 октября 2017): Материалы конференции. – 2017. – 169 с.
- [2] Долговесов Б.С., Городилов М.А., Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Особенности реализации обработки, отображения и регистрации мультимедийных данных для тренажерных комплексов ЦПК // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 4. – С. 34–43.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В.

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Дальнейшее развитие и модернизация тренажерной базы для подготовки космонавтов в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» необходимо вести в направлении создания единого интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса, обеспечивающего не только интеграцию тренажеров и ФМС в единый тренажерный или тренажерно-моделирующий комплекс, например, такой, как комплекс тренажеров РС МКС, но и интеграцию учебного, научного и тренажерно-моделирующего комплексов в целом. ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» будет располагать современной, гибкой, глубоко интегрированной учебной, научной и тренажерной базой, также включающей в свой состав и автоматизированную систему управления подготовкой космонавтов (АСУ ПК). Именно АСУ ПК будет координировать работу всех структурных подразделений, а также процесс подготовки космонавтов на основе цифровых план-графиков, а единый интегрированный УТМК будет обеспечивать возможность использования ресурсов ТСПК на основе принципов интеграции и унификации. Совокупность совместной работы автоматизированной системы планирования, контроля и управления и единого интегрированного УТМК при условии создания перспективной учебно-тренажерной базы будет определять облик цифровой среды обеспечения процесса подготовки космонавтов (рис. 1).

Как показано на рисунке 1, симбиоз работы единого интегрированного УТМК и автоматизированной системы управления подготовкой космонавтов позволит сформировать единую взаимоувязанную цифровую среду обеспечения процесса подготовки космонавтов с применением множества современных технологий и программно-технических решений.

Таким образом, цель создания перспективной учебно-тренажерной базы для подготовки космонавтов может быть сформулирована как решение трех крупных задач:

- 1) создание единого интегрированного УТМК на основе существующих и перспективных ТСПК;
- 2) создание автоматизированной системы управления подготовкой космонавтов (АСУ ПК);
- 3) обеспечение взаимной эффективной работы единого интегрированного УТМК и АСУ ПК для решения задач подготовки космонавтов.

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

Глобальная цель разработки и создания УТМК – обеспечить новый уровень качества подготовки космонавтов в соответствии с актуальными и перспективными задачами пилотируемой космонавтики, повысить эффективность использования и эксплуатации программно-технических средств, в том числе снизить стоимость их создания, модернизации и эксплуатации, обеспечить единство интерфейсов обмена данными и использование новых технологий на всех этапах подготовки космонавтов.



Рис. 1. Единый интегрированный УТМК и АСУ подготовкой космонавтов – составные части цифровой среды обеспечения процесса подготовки космонавтов

Целью создаваемой АСУ ПК является совершенствование процессов планирования, контроля и управления, повышение уровня оперативности в условиях постоянных изменений входных параметров при составлении планов, сокращение времени составления планов и расписаний, а также в целом

повышение эффективности использования всех имеющихся ресурсов, в том числе загруженности ТСПК и других составных частей в процессе подготовки космонавтов.

Исходя из имеющегося задела, уже созданных систем и комплексов, а также задач развития технических средств подготовки космонавтов в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», можно сделать вывод о том, что в настоящее время имеются все предпосылки создания цифрового тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения для подготовки космонавтов.

Создание единого интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса и автоматизированной системы управления подготовкой космонавтов в совокупности также можно считать главным направлением и двигателем цифровой трансформации процессов подготовки космонавтов в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ ГИБРИДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Чуланов А.О., Янюшкин В.В., Бирюков Ю.Б.
(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Технологии виртуальной реальности прочно закрепились в составе ТСПК предтренажной подготовки космонавтов в ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина». Развитие технических средств погружения операторов в виртуальную среду открывает ряд новых перспективных направлений в развитии инструментов подготовки космонавтов.

1. Нашлемные устройства погружения в виртуальный мир и сопутствующие им устройства захвата движений рук и ввода управляющих воздействий (Oculus Rift, HTC Vive) предоставляют возможность создавать средства подготовки, изолирующие космонавта от реального мира с возможностью моделирования широкого спектра условий имитации внекорабельной и внутрикорабельной деятельности. Перспективные направления применения данной технологии:

- отработка процедур шлюзования, работы со скафандром и выхода в открытый космос;
- имитация внекорабельной деятельности;
- отработка процедур при покидании спускаемого аппарата космонавтами в случае посадки на водную поверхность (рис. 1).



Рис. 1. Шлем HTC Vive с датчиками захвата движений рук и виртуальные образы шлема HTC Vive при работе внутри СА и управлении оборудованием

2. Современные устройства создания смешанной реальности, явным лидером которых является Microsoft HoloLens, позволяют вносить в поле зрения оператора различные виртуальные объекты, которые существенно расширяют возможности подачи учебного материала благодаря своей наглядности. Наиболее перспективным направлением применения данной технологии является обеспечение подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности путем изучения на комплексном тренажере РС МКС мест расположения навесного оборудования модулей, трасс движения, точек фиксации и типов операций на каждом этапе выполнения программы выхода в открытый космос (рис. 2).



Рис. 2. Оператор в шлеме HoloLens и наблюдаемые им виртуальная трасса и бортовая инструкция, отображенные над оборудованием реального макета космического модуля

3. Развитие систем захвата положения частей тела человека в пространстве, позволяющих получить в комплексе данные о месте и ориентации туловища, ног вплоть до ступни, рук вплоть до кончиков пальцев и головы, позволяют обеспечить на средствах подготовки моделирование движений космонавта, которое может быть использовано в целях обеспечения интуитивно-понятного взаимодействия с информационной и виртуальной средой тренажера (рис. 3), оценки вопросов эргономики работы в рабочем пространстве.

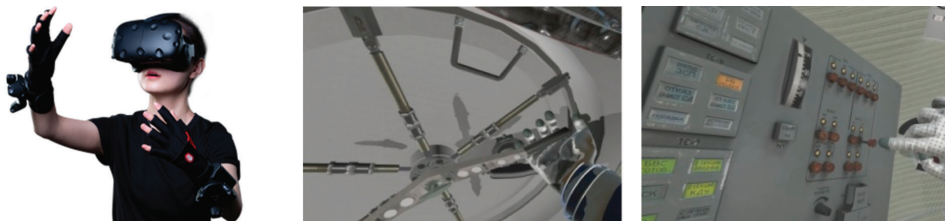


Рис. 3. Оператор в шлеме HTC Vive с перчатками виртуальной реальности Noitom Hi5 и наблюдаемые им виртуальные образы при управлении оборудованием СА

4. Длительная работа в условиях невесомости не приводит к накоплению усталости в руках космонавтов так, как это происходит при тренировках в земных условиях на макетах реального оборудования, при которых приходится поддерживать руки в заданном положении в течение нескольких часов. Использование экзоскелетных конструкций с поддержкой рук, частично или полностью обезвешивающих руку космонавта, позволит существенно повысить качество подготовки на тренажерах подобного типа (рис. 4).



Рис. 4. Система обезвешивания рук оператора на примере изделия CAME-KONG

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Янюшкин В.В.

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Комплексные интегрированные системы контроля и управления нового поколения (КИСКиУ) создаются для комплексных и специализированных тренажеров, функционально-моделирующих стендов (ФМС), комплексных моделирующих стендов (КМС), эргономических макетов, Центров управления полетами (ЦУП).

КИСКиУ создаются на основе целевой функциональной интеграции локальных пультов контроля и управления (ПКУ) прошлых поколений, информационных зон коллективного пользования, мобильных и виртуальных рабочих

мест оперативного персонала управления, а также элементов интеграционных процессов учебно-тренажерно-моделирующих комплексов (УТМК).

Локальные ПКУ интегрируют рабочие места оперативного персонала управления в единый физический конструктив. В рабочих зонах таких пультов возможно формирование информационных областей коллективного пользования. Мобильные и виртуальные рабочие места оперативного персонала управления создаются на базе персональных компьютерных средств различного функционального назначения. Информационные зоны коллективного пользования создаются на основе экранов коллективного пользования с элементами интерактивного управления, а также с возможностью локального предоставления аудио и видео элементов.

Для обоснования состава КИСКиУ необходимо рассмотреть функциональные задачи, решаемые в процессе работы. Важнейшими функциональными задачами КИСКиУ являются задачи, связанные с информацией различных типов:

- вспомогательная информация в виде различных учебных материалов, подсказок, всплывающих для оператора рекомендаций из интеллектуальных помощников при работе с изделием в различных режимах;
- аудиоинформация для голосовой связи с другими операторами, воспроизведения звуковых данных и сообщений;
- видеоинформация для воспроизведения данных с камер наблюдения, архивных записей или других потоковых источников видеоданных;
- информация удаленных рабочих мест в виде форматов экранов, захвата удаленных экранов в режиме дублирования для просмотра и при необходимости управления;
- информация виртуальных машин в виде рабочих столов для обеспечения удаленной работы;
- информация, получаемая по согласованным протоколам обмена с другими элементами тренажеров, ФМС, КМС для отображения в визуальном виде на средствах отображения;
- информация локальных форматов, генерируемых в процессе работы КИСКиУ, а также стандартных форматов работы с приложениями и программным обеспечением ПКУ.

Выделяются основные функциональные возможности КИСКиУ:

- получение информации по различным каналам передачи данных;
- формирование удобных представлений информации для оператора с которыми он может работать;
- отображение сформированных представлений информации в удобной форме и виде для контроля хода проведения операций;

– управление информацией в части выдачи необходимых команд и управляющих воздействий.

Функциональные задачи должны решаться в совокупности, используя все возможности используемых средств, при этом сам КИСКиУ должен представлять собой программно-аппаратный комплекс, который помимо решения данных задач обеспечивает комфортное эргономичное расположение оператора и работоспособность всех включенных в его состав средств.

Таким образом, состав КИСКиУ может быть представлен следующим образом:

- конструктив;
- аппаратная составляющая (начинка);
- программная составляющая (начинка);
- инфраструктурная составляющая (начинка).

После определения состава технических и программных компонент, создания набора дизайнерских и эргономических решений по оформлению рабочего места оператора, можно перейти к созданию действующего прототипа КИСКиУ нового поколения.

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГРАФИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Баженов П.С., Мамросенко К.А.
(ЦВИСИТ, ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, г. Москва)**

В различных имитационных и тренажерно-обучающих системах используются цифровые приборные панели – либо моделирующие реальные устройства, либо оригинальные устройства, которые адаптируются под систему [1]. В состав таких программно-аппаратных комплексов может входить операционная система реального времени (ОС РВ). При проектировании ОС могут учитываться следующие принципы: наличие средств восстановления после сбоев, а также развитые средства диагностики и обработки ошибок, гибкие средства планирования (периодическое, приоритетное планирование, планирование с вытеснением – preemptive scheduling), управляемость (в частности, наличие средств конфигурирования), возможность обработки графических данных [2]. На данных принципах базировалась разработка современной высоконадежной отечественной ОС РВ с пользовательским интерфейсом, базирующейся на спецификации ARINC 653 и стандарте POSIX 1003.1 [3], с временными характеристиками на уровне мировых стандартов. Использование ARINC 653 обеспечивает адекватный интерфейс разработчикам прикладного ПО, а наличие

POSIX-процессов дает возможность с минимальными издержками переносить ПО из систем с POSIX-интерфейсом [2].

В работе предлагается метод проектирования драйверов для взаимодействия с контроллером вывода на экран (Display Controller, DC), входящим в состав разрабатываемой перспективной системы на кристалле, задающих параметры для выполнения настройки DC для формирования корректной визуализации информации на экране. К задаваемым параметрам относятся значения разрешения (ширина, высота), частоты обновления, количество точек на дюйм (DPI), указываются регистры кадрового буфера (адрес, размер, шаг (stride)), управления курсором, гаммой, дитерингом (dither). В драйвере DC также реализуется функционал управления прерываниями DC. Задание некорректных параметров и неправильное программирование устройства может привести к графическим артефактам, например, разрывам изображения или инверсии цвета.

Многие современные DC требуют обработки прерывания от устройства для корректного функционирования. Прерывания позволяют контролировать обновление кадров. Для того чтобы дать сигнал на обновление, необходимо считать регистр прерывания. Чтобы DC корректно работал с ОС РВ, создается процедура обработки прерывания (обработчик прерывания) и выполняется ее регистрация в таблице векторов прерывания ОС РВ на этапе создания графического устройства в системе. Потом на этапе конфигурации и задания параметров DC происходит включение прерываний путем записи единицы в регистр запуска прерываний. Однако, если в обработчике прерывания не происходит действий, влияющих на состояние ОС, то компилятор при сборке с оптимизацией может игнорировать данную процедуру. Чтобы этого избежать, можно, например, использовать переменную с параметром `volatile` внутри процедуры обработки, запрещающим компилятору исключать переменную при оптимизации.

Апробация разработанных методов к проектированию драйвера проведена на системе прототипирования микропроцессоров [4].

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН (выполнение фундаментальных научных исследований ГП 14) по теме № 0065-2019-0001 «Математическое обеспечение и инструментальные средства для моделирования, проектирования и разработки элементов сложных технических систем, программных комплексов и телекоммуникационных сетей в различных проблемно-ориентированных областях» (ААА А-А19-119011790077-1).

Литература

[1] В.Н. Решетников. Космические телекоммуникации (начала). М.: ИТЦ МАТИ, 2013. Вып. 2-е, дополненное. 184 с.

[2] Годунов А.Н. Операционная система реального времени Багет 3.0 // Программные продукты и системы. 2010. (4). С. 15–19.

[3] POSIXIEEE Standard for Information Technology / Portable Operating System Interface (POSIX) Part 2: System Interface. IEEE Std 1003.1-2004, Vol. 2.

[4] Богданов А.Ю. Опыт применения платформы прототипирования на ПЛИС «Protium» для верификации микропроцессоров // Труды НИИСИ РАН. 2017. № 2 (7). С. 46–49.

СИСТЕМА ИМИТАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

**Краснянский М.Н., Захаров А.Ю., Алексеев С.Ю., Обухов А.Д., Сиухин А.А.
(ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов)**

Обеспечение безопасности при выполнении трудовой деятельности в авиакосмической отрасли является актуальной и сложной задачей. Для ее решения применяется целый комплекс различных мероприятий, направленных на сохранения здоровья и жизни человека, разработку средств защиты от вредного воздействия окружающей среды, предупреждение аварийных и чрезвычайных ситуаций.

При подготовке персонала авиакосмической отрасли одной из подзадач является подготовка человека к деятельности в условиях кислородной недостаточности, низкого давления, а также в условиях воздействия продуктов сгорания в случае пожара. Для защиты от данных факторов негативного воздействия на человека используется специальное кислородное оборудование. В снаряжение летчиков входят кислородная маска, одеваемая на защитный шлем, и высотно-компенсирующий костюм или скафандр.

В рамках проводимых научных исследований в настоящее время осуществляется разработка систем имитации дыхательных аппаратов для горнодобывающей промышленности [1]. Персонал в данной отрасли при подготовке и в случае аварийных ситуаций, связанных с условиями загрязненной атмосферы, использует самоспасатели для защиты органов дыхания от негативных факторов окружающей среды. Так как данный вид оборудования является одноразовым, то обучение на реальных самоспасателях приводит к большим материальным затратам. Поэтому актуальной задачей стала разработка систем имитации для данного оборудования, позволяющая не только полностью смоделировать процессы, протекающие в самоспасателях, но и осуществлять ряд дополнительных функций: отслеживание показателей физического состояния человека, протоколирование процесса дыхания в виде спирограмм и пневмотахограмм, выявление неправильного механизма дыхания у обучаемого. Разрабатываемая система имитации позволяет реализовы-

вать условия дыхания, соответствующие условиям дыхания в самоспасателе при различных физических нагрузках.

Полученная система имитации дыхательных аппаратов универсальна и может быть использована не только в горнодобывающей промышленности. Возможность моделирования различных процессов дыхания позволяет использовать ее при подготовке персонала авиакосмической отрасли (пилотов, летчиков, космонавтов) для выработки необходимых навыков дыхания в кислородном оборудовании. Рассмотрим процесс синтеза системы имитации.

Для реализации системы имитации необходимо осуществить математическое моделирование его компонентов, определить их конструктивные и режимные характеристики, при которых ключевые показатели имитатора (сопротивление дыханию и температура газовой дыхательной смеси – ГДС) соответствуют таковым у реального самоспасателя [2].

В ходе исследования процесса формирования сопротивления дыханию предлагалось несколько конструктивных решений – дроссельная заслонка, плавающая заслонка на винтообразной оси и диафрагма. На основе анализа испытаний различных конструкций сделан вывод, что дроссельная заслонка позволяет осуществить регулирование сопротивления дыхания более плавно, имеет ряд преимуществ перед аналогами.

Для реализации узла нагрева ГДС необходимо было осуществить выбор из четырех видов нагревателей: нихромовая спираль, галогеновая лампа, плоский керамический нагреватель и патронный нагреватель. По результатам экспериментов определено, что большая часть нагревателей работает в одном диапазоне, кроме галогеновых ламп, а так как галогеновые лампы и нихромовая нить оказались неоптимальным выбором из-за перечисленных выше недостатков, то решение принималось на основе удобства установки нагревательного элемента. Таким образом, выбран метод нагрева с помощью патронного нагревателя.

Сформировав конструкции узлов сопротивления дыханию и нагрева ГДС на основе результатов их сравнительного анализа, перейдем к испытаниям конструкции имитатора на соответствие ее требованиям. Разрабатываемая система имитации дыхательных аппаратов должна моделировать наполнение дыхательного мешка и сопротивление дыханию при нагрузке средней тяжести до 1000 Па, а также изменение температуры вдыхаемой газовой смеси.

Разработанная система обеспечивает сопротивление дыханию в заданных пределах (до 1000 Па), благодаря наличию нагревательного узла позволяет регулировать температуру ГДС, а его конструкция внешне соответствует существующим самоспасателям. Таким образом, на основе проведенных испытаний и полученных экспериментальных значений можно сделать вывод о том, что конструкция имитатора отвечает заявленным требованиям.

Полученная конструкция системы имитации может быть адаптирована и использована для обучения персонала авиакосмической отрасли использованию кислородного оборудования.

Литература

[1] Karpov S. et al. A new mobile wireless imitator of mine insulating self-rescuer // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management. – 2018. – Т. 18. – С. 33–39.

[2] Onevsky P.M., Onevsky M.P., Pogonin V.A. Identification of mathematical model of human breathing in system “Artificial lungs–self-contained breathing apparatus” //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 327. – №. 2. – С. 022077.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ В АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

**Краснянский М.Н., Обухов А.Д., Дедов Д.Л., Алексеев С.Ю., Архипов А.Е.
(ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов)**

В транспортной и авиационной сфере виртуальные тренажеры нашли свое применение при обучении обслуживающего и управляющего персонала [1]. В авиатренажерах используется не только технологии виртуальной реальности, но и технологии AR, а также различные методы моделирования углов наклона и перегрузок, аналогичные тем, что испытывают летчики в реальных условиях. Такие тренажерные комплексы представляют собой полноразмерную кабину пилота со всеми элементами управления: окна кабины заменены на мониторы, вместо обычного шлема пилот использует шлем AR. Дополненная реальность в таком тренажере представляет собой имитацию шлема пилота с проекцией системы целеуказания и индикации траектории координат глиссады, сложного рельефа местности, обеспечивает возможность моделирования траектории полета ракет и зоны действия ПВО.

Подвижность осуществляется системой гидроцилиндров, противовесов и блоков. Такая система позволяет добиться динамического ощущения полета, имитируя кратковременную продольную, боковую и нормальную перегрузки, тряски и удары, а также вибрацию от аэродинамических эффектов обтекания летательных аппаратов.

Таким образом, в подобного рода тренажерах для достижения высокой подготовки пилотов лучше всего использовать тренажерные комплексы, которые представляют собой полноразмерную кабину пилота со всеми элементами управления, а также с возможностью моделирования динамического ощущения полета. В качестве технологии визуализации для обучения взаимодействию с

системами самолета, лучшим решением будет использование системы дополненной реальности, поскольку она будет полностью имитировать реальный шлем пилота со всевозможными вспомогательными функциями. Для воспроизведения информации об окружающем мире использовать мониторы, имитирующие вид из кабины.

Адаптивные тренажерные комплексы нашли свое применение и в космической сфере. Они являются важным средством подготовки космонавтов к работе на орбите. Практическую подготовку к работе на орбитальных станциях космонавты проводят на их полноразмерных земных аналогах. Основным из них является гидролаборатория. Здесь, в условиях безопорного пространства, экипажи приобретают и совершенствуют навыки выполнения операций вне орбитальной станции [2].

В качестве методов визуализации в космических тренировочных комплексах используются полноразмерные аналоги действующих космических аппаратов. Для реализации невесомости эти аппараты погружают в бассейн, в котором экипаж должен выполнить ряд заданий, основанный на процессах, происходящих на всех этапах полета: выведение на орбиту, стыковку корабля с орбитальным пилотируемым комплексом, задачи орбитального полета, а также возвращение экипажа на Землю. Перегрузки воспроизводятся на центрифуге ЦФ-18. Такой подход к тренировке позволил космонавтам ощутить факторы, имитирующие полет в космическом пространстве, на Земле: невесомость, перегрузки и космический вакуум.

В сфере космических тренажеров для подготовки космонавтов к работе со сложным оборудованием, дорогим, но наилучшим решением будет использование полномасштабных аналогов частей летательных аппаратов. Также для подготовки к особенностям работы в космосе целесообразнее использование гидролабораторий, поскольку только с их помощью в земных условиях возможна имитация безопорного пространства, а, следовательно, осуществление отработки практических навыков в условиях невесомости и открытого космического пространства. В системах обучения персонала следует разделять узконаправленные пульты тренажеры для операторов, только управляющих техническим процессом, и тренажеры по обучению всего персонала правилам действий при возникновении внештатной ситуации. В первом случае в качестве средства ввода достаточно использования мыши и клавиатуры, а средством визуализации может выступить монитор. Этим средством визуализации вполне достаточно для погружения в рабочую обстановку. Во втором случае целесообразнее использовать шлем виртуальной реальности, дополненный специальным оборудованием для перемещения, таким как беговая дорожка [1–3].

Таким образом, виртуальные тренажерные комплексы – это сложные обучающие системы, моделирующие разнообразные аварийные и внештатные ситуации, статические и динамические нагрузки. Ключевую роль в работе этих комплексов играет визуализация. Целью создания виртуальных тренажерных комплексов является:

- обучение персонала правильным действиям в условиях чрезвычайных ситуаций, требующих от человека принятия качественных и моментальных решений, развитых до автоматизма;

- безопасное и реалистичное погружение в рабочую обстановку на новых предприятиях и производствах, самолетах, кораблях или космических станциях, где физическое присутствие неподготовленного человека может быть опасным для его здоровья;

- значительное снижение стоимости обучения за счет многозадачности ИС тренажерного комплекса в рамках предприятия;

- повышение качества обучения за счет использования режима активного диалога человека с объектом обучения: на каждое действие обучаемого происходит моментальная реакция, как в реальных условиях.

Литература

[1] Huan S., Wang S., Deng H. Research on Desktop System of the Space Flight Training-Simulator //Man-Machine-Environment System Engineering. – Springer Singapore, 2016. – С. 583–591.

[2] Pyatibratov G.Y., Kravchenko O.A., Kivo A.M. Design Principles and Implementation of Advanced Simulators for Training Astronauts to Work in Zero or Low Gravity Conditions //Procedia Engineering. – 2016. – Т. 150. – С. 1410–1414.

[3] Liu P. et al. The Utility Evaluation of the Astronaut Virtual Training System in Layout Familiarization Training //IT Convergence and Security (ICITCS), 2016 6th International Conference on. – IEEE, 2016. – С. 1–4.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Наумов Б.А., Хрипунов В.П.

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

Комплекс технических средств подготовки космонавтов (ТСПК) предназначен для проведения подготовки космонавтов к полету на всех типах пилотируемых космических аппаратов (ПКА), на всех этапах подготовки и по всем ее разделам в соответствии с целью, задачами и программой предстоящего космического полета.

Структуру комплекса ТСПК можно рассматривать как комбинацию структур построения ТСПК, сочетающую в себе совокупность автономных

тренажерных средств и совокупность тренажерных комплексов. Формирование состава комплекса ТСПК происходит за счет покрытия пространства задач подготовки космонавтов, функциональными возможностями тренажерных средств. Типы тренажерных средств и их количество определяются исходя из методических требований системы подготовки. Состав, количество и способы построения технических средств подготовки должны определяться таким образом, чтобы с одной стороны, обеспечить должный уровень подготовки, а с другой стороны, достичь минимальной стоимости и максимальной эффективности применяемых средств [1]. В настоящее время мы имеем устойчивую тенденцию возрастания количества полетных операций на борту МКС, увеличения количества одновременно проходящих подготовку экипажей, усложнение программы полета [2], что соответственно приводит к количественному увеличению технических средств подготовки [1, 3]. Учитывая тенденцию увеличения продолжительности эксплуатации орбитальных комплексов и соответственно увеличения продолжительности эксплуатации комплекса ТСПК, с учетом значительного увеличения его количественного состава, технического усложнения космических тренажеров, организационных и технических сложностей по своевременному их созданию закономерно возникают несколько вопросов.

Во-первых, как достичь рациональности при формировании и создании комплекса ТСПК; во-вторых, как повысить качество тренажерных средств; в-третьих, как осуществить унификацию аппаратных и программных составляющих технических средств подготовки, и в-четвертых, как рационально выстроить систему эксплуатации такого технического комплекса.

На наш взгляд, разрешение этих вопросов возможно только на основе инновационных подходов к организации формирования и создания комплекса ТСПК [4].

Концептуальные требования к новым образцам ТСПК должны формироваться на основе совместного учета потребностей подготовки космонавтов, технических возможностей (научно-технические предпосылки в реализации новых средств подготовки), ресурсов и ограничений (экономических, технологических, производственных).

Литература

[1] Наумов Б.А. Космические тренажеры / Б.А. Наумов. – Звездный городок Московской области: Изд.-во ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2013. – 214 с.

[2] Крючков Б.И. Этапы становления и перспективы развития научно-методической базы подготовки космонавтов / Б.И. Крючков, И.Г. Сохин // Пилотируемые полеты в космос. – 2011. – № 1(1). – С. 78–86.

[3] Наумов Б.А. Космические тренажеры. Этапы развития. Учебно-справочное пособие. / Б.А. Наумов, Л.Е. Шевченко. – Звездный городок.: Изд-во ЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2008. – 178 с.

[4] Хрипунов В.П. Основные подходы к созданию и эксплуатации комплекса технических средств подготовки космонавтов / В.П. Хрипунов, Б.А. Наумов // Пилотируемые полеты в космос. – 2014. № 2(11). – С. 30–34.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНОГО ТРЕНАЖЕРА ПИЛОТИРУЕМОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРАБЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Блинов О.В., Гусельников А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В реализации программ пилотируемых космических полетов комплексные тренажеры пилотируемых транспортных кораблей играют особую роль. Они являются единственным средством наземной подготовки космонавтов, экипажей пилотируемых космических аппаратов, которое обеспечивает проведение тренировок и практических занятий космонавтов и экипажей по управлению системами и кораблем в целом, включая работу в скафандрах в штатных и нештатных ситуациях, с имитацией работы всех бортовых систем, контролем и регистрацией действий экипажа при отработке этапов полета на орбиту искусственного спутника Земли (а в перспективе – и на орбиту искусственного спутника Луны и возвращения на Землю) [1].

Комплексные тренажеры являются уникальными, сложными и дорогостоящими изделиями, а их разработка и создание представляет собой сложный, многоэтапный процесс, требующий значительных материальных и финансовых ресурсов, привлечения и координации усилий большого коллектива высококвалифицированных специалистов различного профиля, формируемого, как правило, в кооперации исполнителей – многочисленных организаций и предприятий науки и промышленности [2].

В докладе показано, что идеология построения комплексного тренажера корабля нового поколения опирается на разработанные и многократно проверенные на практике организационные и технические принципы.

Представлены разработанные требования к создаваемому комплексному тренажеру.

Показано, что основной особенностью создаваемого комплексного тренажера является то, что он создается параллельно с созданием нового летного изделия. Это означает, что весь комплекс работ по его разработке и созданию будет проходить при постоянном дефиците технической документации на летное изделие [3].

Комплексный тренажер пилотируемого космического корабля нового поколения должен быть готов за 24 месяца до завершения работ на летном изделии – это время необходимо для полноценной подготовки экипажа к первому полету на новом изделии.

Литература

- [1] Шукшунов В.Е., Циблиев В.В., Потоцкий С.И. и др. Тренажные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации. – М.: Машиностроение, 2005. – 384 с. ISBN 5-217-03312-6.
- [2] Наумов Б.А., Шевченко Л.Е.. Космические тренажеры. Этапы развития. Учебно-справочное пособие. – Звездный городок, 2008. – 178 с. илл. УДК 629.7.06.
- [3] Наумов Б.А.. Космические тренажеры. – Звездный городок, 2013. – 214 с. УДК 629.7.06.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Киво А.М., Сухенко Н.А.
(ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск)
Гусельников А.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

1. Введение

Опыт пилотируемой космонавтики показывает, что наиболее эффективным средством подготовки космонавтов к полетам на пилотируемых космических аппаратах являются тренажеры, что ставит вопросы их создания и совершенствования в число актуальных задач [1].

В настоящее время в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» для подготовки космических экипажей к управлению транспортным кораблем «Союз» на всех участках полета, в штатных режимах и в аварийных ситуациях, с использованием штатных скафандров, используются комплексные тренажеры ТДК-7СТ3 и ТДК-7СТ4

Каждый комплексный тренажер представляет собой сложный полунатурный моделирующий комплекс, построенный с использованием полноразмерных макетов обитаемых отсеков и спускаемых аппаратов транспортного пилотируемого корабля «Союз».

Одной из основных задач тренировок, проводимых на комплексных тренажерах ТДК-7СТ3 и ТДК-7СТ4, является подготовка экипажа к возникновению нештатных или аварийных ситуаций по всем системам корабля и получение навыков к их устранению [2].

Имитацию аварийной ситуации, связанной с возникновением очагов пожара или задымления, должна обеспечивать система моделирования пожарной обстановки (СМПО). В настоящее время уровень цифровых технологий позволяет создать СМПО, отвечающую современным требованиям к реализации программ подготовки космонавтов.

2. Реализация перспективной системы моделирования пожарной обстановки.

В настоящее время СМПО на комплексных тренажерах ТДК-7СТ3 и ТДК-7СТ4 реализована с использованием дымогенератора, системы дымоудаления на базе вентилятора-дымососа, управлением СМПО осуществляется с пульта управления, расположенного непосредственно рядом с тренажерами.

Для реализации перспективной СМПО целесообразно сформулировать такие требования:

– должна обеспечиваться блокировка включения дымогенератора при низком уровне дымообразующей жидкости;

– должна обеспечиваться визуализация уровня и расхода дымообразующей жидкости, а также сигнализация достижения уровня минимально допустимого значения и автоматическое отключение генератора дыма при его достижении;

– должно обеспечиваться дистанционное управление производительностью дымогенератора и длительностью времени подачи дыма;

– должна обеспечиваться подача дыма в различные удаленные друг от друга точки тренажера;

– СМПО должна иметь следующие органы управления, расположенные на ПКУ тренажеров:

- включение дымогенератора;
- регулировка производительности дымогенератора;
- включение вытяжного вентилятора;
- включение запорных клапанов точек задымления;
- пуск дыма;
- индикация уровня дымообразующей жидкости;
- индикация готовности дымогенератора.

Исходя из предъявленных требований, предлагается следующая реализация перспективной СМПО тренажеров пилотируемых космических аппаратов (рис. 1).

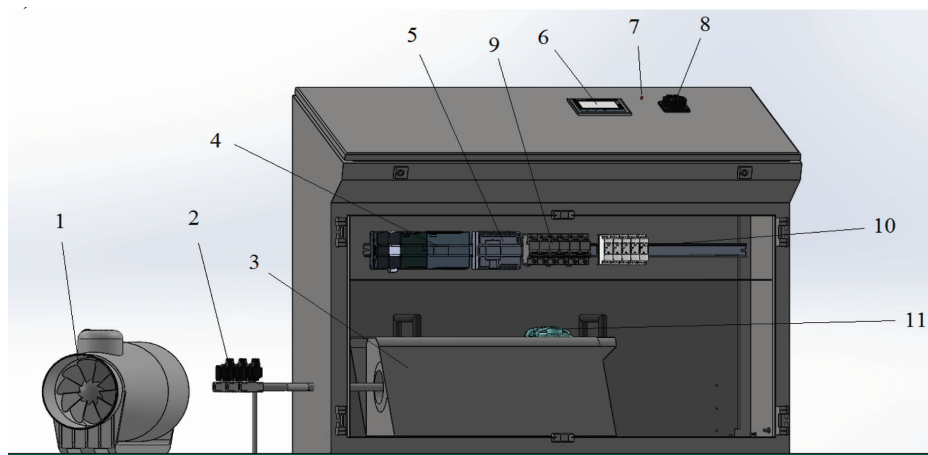


Рис. 1. Внешний вид перспективной СМПО

В состав перспективной СМПО входят: вентилятор для удаления дыма 1, электромагнитные клапаны 2, генератор дыма 3, промышленные контроллер 4 и преобразователь 5, панель оператора 6, контрольная лампа 7, главный управляющий переключатель 8, блок автоматических выключателей 9, блок реле 10, поплавковый датчик уровня дымообразующей жидкости 11.

В докладе приводятся предложения по технической реализации основных компонентов СМПО.

3. Заключение

Рассмотренная реализация перспективной СМПО позволит обеспечить качественное проведение тренировок с более реалистичной имитацией аварийных ситуаций, связанных с возникновением очагов пожара или задымления в отсеках пилотируемого транспортного корабля. Конструкция перспективной СМПО с управлением от промышленного контроллера параметрами ее функционирования, такими как объем подаваемого дыма, количество точек задымления, обеспечивает возможность применения такой системы на тренажерах пилотируемых космических аппаратов различных типов.

Литература

- [1] Путилин Д.В., Игнатьев С.В. Состояние и дальнейшее развитие тренажерных комплексов для подготовки экипажей перспективных пилотируемых космических аппаратов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sostoyanie-i-dalneyshee-razvitie-trenazhernyh-kompleksov-dlya-podgotovki-ekipazhey-perspektivnyh-pilotiruemyh-kosmicheskikh-apparotov> (дата обращения: 27.01.2017).
- [2] Наумов Б.А. Современная концепция разработки космических тренажеров // Королёв: Изд-во Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, 2011. 179 с.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕГИСТРАЦИИ АУДИО- И ВИДЕОСИГНАЛОВ
КОМПЛЕКСА ТРЕНАЖЕРОВ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ТРЕНИРОВОК**

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

При проведении экзаменационной комплексной тренировки, для оценки действий экипажа на тренажерном комплексе российского сегмента Международной космической станции, межведомственная экзаменационная комиссия (МЭК), располагаясь в зоне пульта контроля и управления (ПКУ) на некотором удалении от персонала, ведущего управление тренировкой, не всегда может оперативно использовать видеoinформацию, выводимую на устройства отображения информации ПКУ [1]. Внедренная на ПКУ система обработки и отображения визуальной информации (СООВИ), позволяет более эффективно решать задачу информационного обеспечения членов МЭК за счет: формирования комбинированного изображения источников видеосигналов (так называемых «мозаик»); отображения «мозаик» на мониторах с большой диагональю; удобного сенсорного интерфейса. Система построена на базе персональных компьютеров с использованием современных графических процессоров, позволяющих программировать различные функции обработки и визуализации мультимедийных данных.

Важным инструментом, повышающим объективность оценки, является видеорегистратор, который на тренажере, в отличие от других областей применения, должен обеспечивать:

- обработку различных типов видеосигналов;
- формирование временной шкалы с метками, соответствующими определенным событиям на тренировке, с возможностью навигации;
- быстрый поиск и отображение необходимых фрагментов тренировочного процесса без остановки процесса регистрации данных;
- одновременное синхронное воспроизведение нескольких ранее записанных сигналов;
- экспорт нескольких ранее записанных сигналов в один файл с возможностью выбора вида и расположения;
- формирование отдельного совмещенного изображения нескольких входных сигналов для трансляции на тренажер [2].

Системы обработки и регистрации аудиовизуальной информации на базе современного персонального компьютера со специальными платами оцифровки [3] показали свою эффективность на комплексных тренажерах транспортного корабля.

В рамках предстоящих в 2019–2020 годах работ планируется модернизация СООВИ, которая должна обеспечить: одновременную выборочную регистрацию не менее 12 видеосигналов и одного аудио-сигнала с возможностью интерактивного выбора записываемых видеосигналов без увеличения количества вычислителей за счет повышения их производительности; дооснащение шестью цветными камерами наблюдения высокой четкости (стандарта 3G–SDI) с установленными на них варифокальными объективами.

Реализация этих планов позволит расширить возможности СООВИ в части предоставления объективной и достоверной информации членам МЭК о ходе тренировочного процесса, о действиях космонавтов, как в реальном времени, так и в процессе разбора тренировки, для принятия решения об оценке их деятельности.

Литература

[1] В.В. Батраков, В.И. Брагин. Использование системы обработки и отображения информации в составе пульта контроля и управления тренажерного комплекса Российского сегмента международной космической станции / Пилотируемые полеты в космос. – № 3(32). – 2019. – С. 34–43.

[2] Б.С. Долговесов, М.А. Городилов, М.Ю. Шадрин, В.И. Брагин. Особенности реализации обработки, отображения и регистрации мультимедийных данных для тренажерных комплексов ЦПК / Пилотируемые полеты в космос. – № 4(29). – 2018. – С. 34–43.

[3] Городилов М.А., Долговесов Б.С. Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Система оперативного отображения и регистрации аудиовизуальной информации для тренажера транспортного корабля // Материалы XII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 24–26 октября 2017 г. – Звездный городок, 2017. – С. 143–144.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ВИЗИРА ВСК-4 НА ТРЕНАЖЕРЕ ТПК «СОЮЗ МС»

Дедов С.В.

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

Для обеспечения отработки космонавтом-оператором профессиональных навыков работы с визиром ВСК-4 необходимо, чтобы тренажерный вариант визира совместно с другими частями системы имитации внешней визуальной обстановки тренажера транспортного пилотируемого корабля (ТПК) обеспечивал формирование и отображение управляемого в реальном масштабе времени цветного динамического изображения внешней визуальной обстановки, соответствующего условиям наблюдения в визире ВСК-4 ТПК в полете, в том числе, в части моделирования процесса фокусировки изображения в визире.

При исследовании существующих схем построения тренажерных вариантов визира ВСК-4 было определено, что они не могут быть использованы для решения задачи моделирования фокусировки изображения в визире ВСК-4 тренажера транспортного пилотируемого корабля, поскольку тренажерный вариант визира не имеет перемещающихся в процессе работы оптических элементов, влияющих на фокусировку изображения. При сближении ТПК с орбитальной станцией с 30–40 метров космонавт фокусирует изображение цели на экране с помощью рукоятки «ЭКРАН» визира ВСК-4 [1].

Проблемной задачей при построении тренажерного варианта визира ВСК-4 является обеспечение моделирования процесса фокусировки изображения в зависимости от положения линзы выходного экрана (положение рукоятки «ЭКРАН») на дальности до объекта менее 40 метров.

Реализация предложенных в докладе технических решений позволит устранить недостатки и ограничения существующих схем построения тренажерного варианта визира ВСК-4, а также расширить функциональные возможности и повысить адекватность моделирования на тренажере ТПК процесса стыковки.

Литература

[1] Т.В. Марченкова. Оптико-визуальные приборы транспортного пилотируемого корабля «СОЮЗ МС» // Учебное пособие ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина». – 2015. – 15 с.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЕ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ СБЛИЖЕНИЯ, ПРИЧАЛИВАНИЯ И СТЫКОВКИ «ДОН-СОЮЗ ТМА», «ДОН-СОЮЗ ТМА2» НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ

**Евстухин М.С., Краснова Л.М., Пекарский А.В
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В системе подготовки человека к космическим полетам на борту транспортного пилотируемого корабля «Союз МС» важную роль играют специализированные тренажеры, где космонавты и астронавты отрабатывают наиболее важные операции по ручному управлению транспортным пилотируемым кораблем на отдельных этапах космического полета. В частности, на специализированных тренажерах «Дон-Союз ТМА», «Дон-Союз ТМА2» отрабатываются ручные режимы сближения, причаливания и стыковки ТПК «Союз МС» с международной космической станцией на стыковочные узлы российского сегмента.

С 2015 года в Центре подготовки космонавтов начался период замены устаревших аналоговых телевизионных систем, созданных на базе устройств, разработанных и изготовленных в 1985–1990 годах для тренажеров по программам орбитального корабля «Буран» и станции «Мир». Качество разработанных и изготовленных в тот период устройств синхронизации, питания, усилителей видеосигналов и др. устройств оказалось довольно высоким, что позволяло и позволяет этим устройствам работать и 25–30 лет после изготовления.

Но время берет свое, и вот в 2015 году было принято принципиальное решение по замене устаревших телевизионных аппаратур на новые, построенные на базе цифровой системы телевидения высокой четкости. В 2016 году была создана и введена в эксплуатацию телевизионная аппаратура «Фианит 2» для комплексного тренажера ТДК-7СТ4, в 2018 году – телевизионная аппаратура «Яшма» для комплексного тренажера ТДК-7СТ3. Сейчас пришло время для создания аппаратуры «Оникс» для специализированных тренажеров «Дон-Союз ТМА», «Дон-Союз ТМА2» на замену телевизионной аппаратуры «Рубин».

Одним из требований к работе телевизионной аппаратуры (ТВА) для тренажеров транспортного пилотируемого корабля является требование минимизации величины задержек сигналов внешней визуальной обстановки в трактах ТВА, включая отображение этих сигналов средством отображения (проектор или монитор) для канала имитации работы ВСК-4. Для осуществления режимов ручного управления кораблем эта величина в телевизионной аппаратуре не должна превышать 40–50 миллисекунд.

В настоящее время написано техническое задание, в котором сформулированы основные требования к новой телевизионной аппаратуре.

Аппаратура должна быть построена на использовании несжатых и некодированных цифровых видеосигналов стандартов 3G-SDI и HD-SDI. Это необходимо для минимизации задержек сигналов при преобразовании исходных сигналов HDMI, формируемых системой компьютерной генерации изображений, в сигналы 3G-SDI и передаче их для отображения на проектор в имитаторе ВСК-4Т. И только для моделирования связи с макетами ИнПУ-1 и ИнПУ-2 допускается применять сигналы системы ПАЛ.

Исходя из особенностей расположения макетов СА 1, СА 2, СРМ, ПКУ, необходимости устранения помех на всех транслируемых сигналах, а также с учетом условий прокладки кабельной сети в зале 106, высказано предложение обеспечить трансляцию сигналов новой ТВА «Оникс», к потребителям с применением волоконно-оптических линий связи.

Система контроля должна предоставлять оператору ТВА возможность оперативно контролировать (визуально и инструментально) сигналы на всех преобразователях, на входах и выходах единого коммутатора с привязкой этих

сигналов к конкретному работающему тренажеру «Дон-Союз ТМА», к тренажеру «Дон-Союз ТМА2» или к обоим сразу.

Система управления должна фиксировать все действия оператора ТВА, команды, пришедшие от ВС тренажеров и реакцию аппаратуры по их исполнению.

Имеющийся опыт эксплуатации ТВА «Фианит 2» (3 года), ТВА «Яшма» (1 год) показывает, что новая аппаратура будет иметь существенные преимущества в части повышения качества представляемых сюжетов визуальной обстановки, улучшения визуального контроля за действиями операторов в макетах СА 1, СА 2 и СРМ, а также в части упрощения структуры трактов трансляции разнородных сигналов, упрощения системы контроля и повышения ее информативности.

ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ТРЕНАЖЕРА ИНФОРМАЦИОННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МКС И ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ЕГО РАЗВИТИЯ

**Ручкин И.В., Курбатов Д.В., Арутюнов А.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Тренажер информационной управляющей системы (ИУС) МКС эксплуатируется в ЦПК с 2014 года. За время эксплуатации на тренажере проведено более 3000 тренировок и занятий. Неоднократно проводилась модернизация тренажера в связи с изменениями на штатном изделии и в целях расширения его функциональных возможностей. В докладе обобщен опыт эксплуатации тренажера и произведена оценка его текущего состояния. Для оценки состояния тренажера ИУС были применены методы, изложенные в литературе соответствующей тематики [1, 2]. Произведена оценка функционально-методической полноты и эксплуатационных характеристик тренажера, проведена оценка параметрической адекватности тренажера.

Для оценки функционально-методической полноты тренажера произведен расчет коэффициента функциональной полноты ($K_{ФП}$) и коэффициента методической полноты ($K_{МП}$) [1].

В таблице 1 приведены значения $K_{ФП}$ по результатам модернизаций тренажера ИУС.

Таблица 1

Значение по результатам модернизаций тренажера ИУС

	2014 г. Создание ТИУС	2015 г. Модернизация	2016 г. Модернизация	2017 г. Модернизация
$K_{ФП}$	0,45	0,55	0,71	0,82

Коэффициент методической полноты рассчитан для текущего состояния тренажера ИУС: $K_{МП} = 0,73$.

Для оценки эксплуатационных характеристик тренажера ИУС выбраны критерии безотказности и ремонтпригодности. Проведена количественная оценка надежности, которая заключается в определении показателей надежности тренажера на основе статистических материалов, полученных в процессе эксплуатации и испытаний за 4 года.

В качестве основных показателей взяты следующие комплексные и единичные показатели надежности:

- средняя наработка до отказа T_0 ;
- вероятность безотказной работы $P(t)$;
- коэффициент технической готовности $K_{ТГ}$;
- коэффициент технического использования $K_{ТИ}$;
- среднее время восстановления работоспособного состояния T_B .

Полученные эксплуатационные показатели тренажера ИУС представлены в таблице 2.

Таблица 2

Эксплуатационные показатели тренажера ИУС

Средняя наработка до отказа (час.)	Вероятность безотказной работы	Коэффициент технической готовности	Коэффициент технического использования	Время восстановления работоспособного состояния (час.)
T_0	$P(t)$	$K_{ТГ}$	$K_{ТИ}$	T_B
455	0,98	0,93	0,87	6,7

Произведенная оценка тренажера ИУС позволяет сделать следующие выводы:

- в процессе предстоящих модернизаций тренажера предпочтительней использовать оборудование и программное обеспечение ИУС в штатном исполнении. Это позволит сохранить на текущем уровне или улучшить показатели функционально-методической полноты и адекватности тренажера;
- в процессе предстоящих модернизаций тренажера необходимо расширить функциональные возможности рабочего места инструктора в части контроля и управления ходом тренировки;
- основные эксплуатационные характеристики тренажера соответствуют уровню аналогичных показателей комплекса тренажеров РС МКС, но коэффициент технического использования выше, а время устранения отказов ниже за счет гибкой структуры компьютерной сети тренажера и отработанной системы восстановления ноутбуков при сбоях.

Литература

- [1] Космические тренажеры / Наумов Б.А. – Звездный городок, 2013. – 214 с.
- [2] Тренажерные комплексы и тренажеры / Шукшунов В.Е., Циблиев В.В., Потоцкий С.И. и др.; под ред. Шукшунова В.Е. – Издательство: Машиностроение, 2005. – 384 с.

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ И ИМИТАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ ДАЛЬНОСТИ В ИЛЛЮМИНАТОРЕ БЫТОВОГО ОТСЕКА ТРЕНАЖЕРА «ДОН-СОЮЗ ТМА»

Масалкин А.И.

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

В настоящее время в состав системы имитации визуальной обстановки тренажера «Дон-Союз ТМА» входит изделие СК-2 «Блистер», которое обеспечивает совместно с другими средствами тренажера моделирование визуальной обстановки в иллюминаторе бытового отсека «Блистер» и в окуляре лазерного дальномера ЛДИ-11 [1]. В связи с длительным сроком эксплуатации изделие выработало свой технический ресурс и имеет не достаточно высокую надежность. Кроме того, некоторые характеристики изделия перестали удовлетворять требованиям по подготовке космонавтов к работе в режиме сближения с использованием лазерного дальномера [2].

При исследовании возможных направлений совершенствования аппаратных и программных средств тренажера были проанализированы задачи, решаемые при подготовке космонавтов к выполнению ручного сближения транспортно-пилотируемого корабля с Международной космической станцией и детально изучен опыт эксплуатации используемых для этого устройств. В результате анализа принципов построения системы имитации визуальной обстановки в блистере бытового отсека, ее состава и характеристик технических и программных средств были разработаны технические предложения и вариант функциональной схемы системы моделирования визуальной обстановки и имитации измерений дальности в иллюминаторе бытового отсека тренажера «Дон-Союз ТМА».

При создании данной системы может быть реализовано несколько технических решений. Применение микродисплея в качестве устройства воспроизведения изображения [3] для имитатора лазерного дальномера ЛДИ-11 (прибора ЛДИ-11Т) обеспечивает техническую возможность повышения ка-

чества имитации визуальной сцены, наблюдаемой в правом окуляре лазерного дальномера ЛДИ-11. Кроме того, использование подсистемы инфракрасного трекинга [4] обеспечивает техническую возможность отработки на тренажере важных практических навыков прицеливания прибора ЛДИ-11Т при определении дальности до объекта сближения. Система из двух формирователей изображения и коммутатора сигналов обеспечивает техническую возможность одновременного формирования и согласованного отображения изображения визуальной сцены как в иллюминаторе «Блистер» для его наблюдения невооруженным глазом оператора, так и в окуляре прибора ЛДИ-11Т, а также на мониторах пульта контроля и управления тренажера для обеспечения контроля действий космонавта инструктором.

Реализация предложенных технических решений в рамках предстоящей работы по созданию системы моделирования визуальной обстановки и имитации измерений дальности позволит устранить недостатки и ограничения существующих технических и программных средств тренажера, а также расширить функциональные возможности тренажера и повысить адекватность моделирования на тренажере «Дон-Союз ТМА» процессов ручного управления сближением транспортного пилотируемого корабля с Международной космической станцией.

Литература

- [1] А.И. Масалкин, М.А. Торгашев. Опыт использования систем имитации визуальной обстановки в тренажерах пилотируемых космических аппаратов // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(15). – 2015. – С. 36–42.
- [2] А.И. Масалкин, А.И. Митин. Проблемы моделирования визуальной обстановки на специализированном тренажере сближения, причаливания и стыковки при подготовке космонавтов к режиму сближения транспортного корабля к Международной космической станции / Пилотируемые полеты в космос: Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. 2017. – С. 149–150
- [3] Н. Усов и др. Микродисплеи на основе органических светодиодов МДО 01 // Современная электроника. – № 1. – 2016. – С. 34–37.
- [4] М.В. Михайлюк, И.А. Хураськин. Оптический трекинг для систем виртуальной реальности // Программные продукты и системы. – № 3. – 2006. – С. 10–14.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА МОДУЛЕЙ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МКС

Супрун С.П., Шевченко Л.Е.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Создание тренажерного комплекса (ТК) российского сегмента МКС (РС МКС) началось в 1995 году с разработки унифицированных элементов и рабочих мест операторов (РМО) тренажеров модулей СМ и ФГБ. В 1998 году были проведены первые тренировки по изучению экипажем интерьера, конструкции и компоновки модулей СМ и ФГБ, расположения оборудования, приборов, элементов бортовых систем и способов их крепления. В 2000 году проведена интеграция в ТК модели бортовой вычислительной системы (МБВС) и имитатора американского сегмента (AST), что позволило проводить тренировки, в том числе и мультисегментные, в объеме текущих задач [1].

Принципы и стратегия разработки ТК РС МКС определены концепцией разработки, которая изначально явилась руководящим этапом проектирования, и была направлена на обеспечение эффективного, надежного и безопасного функционирования ТК для оптимизации деятельности всех групп операторов с целью достижение требуемых профессиональных навыков обучающихся космонавтов.

ТК РС МКС в целом и входящие в его состав тренажеры, относятся к человеко-машинным системам, в которых обучающиеся космонавты, являясь эргатическим звеном системы, включены в контур моделирования. Обучающий, инженерно-технический и медицинский персонал, также являясь эргатическим звеном системы, включен в контур контроля и управления процессом подготовки. Поэтому на всех этапах проектирования, разработки и испытаний тренажеров к ним предъявляются эргономические требования, которые направлены на создание адекватных информационных моделей деятельности операторов, а также безопасность и комфортность работы операторов [2].

Структура современного ТК достаточно сложная, это обусловлено устройством и сложными взаимосвязями элементов российского и американского сегментов МКС. Все унифицированные системы тренажерного комплекса: ВС, СИВВО, СИСБЗ, ТВА, СРТС, а также тренажеры МБВС СМ, МБВС МЛМ и имитатор американского сегмента AST разработаны на базе вычислительной техники. На время тренировки системы комплекса объединяются в единую вычислительную сеть. В процессе тренировки управление системами ТК ведется централизованно с ПКУ СМ или ПКУ МЛМ. Управление МБВС СМ, МБВС МЛМ и AST осуществляется с использованием собственных средств управления. Тренажеры (СМ, ФГБ, СО1, МИМ1, МИМ2, МЛМ, УТМ

ТГК, МБВС СМ, МБВС МЛМ, ИУС, SSC) комплекса включаются и загружаются автономно, имеют свой интерфейс разработки и отладки программного обеспечения, контроля, управления режимами работы и тестирования оборудования и могут работать как в автономном варианте, так и в составе ТК.

Эксплуатация тренажерного комплекса включает в себя в такие виды работ как использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт. В связи со спецификой создания тренажерного комплекса РС МКС в период его эксплуатации выполнялся ряд работ, в дополнении к указанным, которые являются самостоятельным объектом планирования, и с различной частотой повторяются на этом этапе:

- доработки тренажерного комплекса в соответствии с созданием и интеграцией в его состав тренажеров новых модулей;
- модернизации тренажерного комплекса в связи с заменой или обновлением элементной базы тренажерных систем;
- различные виды испытаний тренажерного комплекса, сопровождающие доработки и модернизации комплекса;
- методические сборы для отработки методик подготовки космонавтов и обучения новых специалистов.

Проведение тренировок является основным видом работ при эксплуатации тренажерного комплекса и составляет в среднем 63 % времени эксплуатации. Тренировки и практические занятия могут проводиться в 16 различных конфигурациях программных и аппаратных средств ТК. Благодаря этому обеспечивается подготовка экипажей, включая специализированные и комплексные задачи обучения. На экзаменационных тренировках в полной конфигурации ТК имитируется работа орбитального комплекса по программе типовых полетных суток.

Основное внимание на тренировках уделяется отработке навыков выполнения динамических стационарных режимов, обнаружения и локализации нештатных ситуаций, приобретению навыков работы с научной аппаратурой и проведения экспериментов, выполнения мультисегментных операций (совокупности взаимосвязанных операций, выполняемых экипажами на Российском и Американском сегментах или на одном из сегментов с дистанционным изменением режимов работы бортовых систем другого сегмента).

С 1998 года по настоящее время на ТК РС МКС проведено более 7000 тренировок, не считая практические занятия на специализированных тренажерах ТК и занятия по работе с научной аппаратурой. Подготовлено и реализовано 61 космическая экспедиция, в которых участвовали 236 космонавтов и астронавтов, выполнивших большой объем научных исследований и экспериментов.

Кроме занятий и тренировок на тренажерном комплексе проводятся методические сборы (в среднем составляют 9 % от времени эксплуатации) для отработки методик подготовки космонавтов, обучения новых специалистов и совершенствования знаний/умений специалистов по обеспечению работоспособности аппаратно-программных средств тренажерного комплекса.

На протяжении всего периода эксплуатации структура и состав ТК РС МКС периодически дорабатывались. В соответствии с постепенным наращиванием МКС новыми модулями в состав ТК интегрировали новые тренажеры модулей, дорабатывали тренажерные системы, математические и визуальные модели. Проводилась модернизация – замена морально и физически устаревшего оборудования систем ТК на современные образцы. Доработки и модернизации на этапе эксплуатации составляют приблизительно 20 %. Все виды доработок и модернизаций сопровождались испытаниями.

С учетом распределения видов работ на тренажерном комплексе по данным 2018 года рассчитан показатель эффективности его эксплуатации [3, 4], который составляет приблизительно 80 %, и характеризует высокую загруженность тренажерного комплекса.

В перспективе планируется доработка структуры тренажерного комплекса в связи с разработкой и интеграцией в его состав МБВС тренажера МИМ1 и МБВС тренажера МИМ2, что обеспечит полноценную подготовку экипажей по системам и динамическим режимам работы на модулях МИМ1 и МИМ2.

Литература

- [1] Полунина Е.В., Шевченко Л.Е. Развитие комплекса тренажеров орбитальных модулей российского сегмента МКС // Пилотируемые полеты в космос. – 2015. № 2 – С. 26–35.
- [2] Виноградов Ю.А., Полунина Е.В., Шевченко Л.Е. Эргономические принципы разработки тренажеров орбитальных модулей Российского сегмента МКС // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики № 4 (85). – Тверь. – 2017. – С. 40–44.
- [3] ГОСТ 25866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1983. – 7 с.
- [4] ГОСТ РВ 15.1 709–92 СРПП ВТ. Технический надзор предприятиями промышленности в процессе эксплуатации изделий. Основные положения. М.: Стандартиформ, 2014. – 23 с.

**СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА
РС МКС В ОБЕСПЕЧЕНИИ РЕЖИМА АВТОМАТИЧЕСКОГО СБЛИЖЕНИЯ
ТГК «ПРОГРЕСС» С МКС**

**Батраков В.В., Горшкова Е.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Один из наиболее сложных и ответственных этапов в подготовке экипажей – это их тренировки на космических тренажерах по управлению сближением, облетом, причаливанием и стыковкой транспортных грузовых кораблей (ТГК) «Прогресс» к МКС. Тренировки по режиму «автоматического сближения ТГК «Прогресс» с МКС» экипажи проводят на тренажерном комплексе российского сегмента (ТКРС) МКС.

Основной частью технических средств ТКРС МКС, обеспечивающей формирование, обработку, передачу, отображение информации экипажу на его рабочем месте, а также операторам пульта контроля и управления (ПКУ) и пультов управления (ПУ) функциональных систем тренажерного комплекса, является система отображения информации (СОИ).

СОИ – комплекс аппаратных и программных средств, объединенных единой целью (отображение информационной модели управляемого объекта) и общим алгоритмом функционирования, преобразующий воспроизведенную информацию в команды управления или сообщения [1].

В комплекс аппаратных и программных средств СОИ ТКРС МКС входят:

- инженерная станция модели бортовой вычислительной системы (МБВС);
- функционально-моделирующий вычислительный комплекс вычислительной системы комплексных тренажеров российского сегмента (ВС КТРС);
- телевизионная аппаратура (ТВА) «Гранит»;
- система компьютерной генерации изображения (СКГИ) «Альтаир»;
- устройства отображения информации (УОИ) тренажера Служебного модуля;
- УОИ ПКУ ТКРС МКС;
- УОИ ПКУ тренажера Многоцелевого лабораторного модуля;
- УОИ ПУ функциональных систем (ТВА «Гранит», СКГИ «Альтаир», ВС КТРС, ИУС, АСТ, МБВС);
- кабельная сеть и др.

В докладе обоснована необходимость поддержания на требуемом уровне высокого качества формируемых и выводимых на УОИ изображений, регулярная доработка аппаратных частей СОИ ТКРС МКС и обновление специального программного обеспечения в соответствии с требованиями программы подготовки экипажей.

Литература

[1] Шевченко Л.Е., Батраков В.В. Пути совершенствования структуры СОИ ПКУ тренажерного комплекса РС МКС. Международная научно практическая конференция. Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014. Санкт-Петербург, 3–5 июля 2014.

ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСА УСТРОЙСТВ СОПРЯЖЕНИЯ С ОБЪЕКТОМ КОСМИЧЕСКИХ ТРЕНАЖЕРОВ

Беляков А.В.

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

Программно-аппаратные комплексы устройства сопряжения с объектом (УСО) тренажеров создавались в середине 90-х годов на базе магистрально-модульной системы VME. На тот момент платформа VME была наиболее привлекательной по своим техническим, экономическим характеристикам, и особенно в плане надежности, гибкости системы, простоты ее развития и модернизации. При этом надежность системы подтверждена более чем десятилетним опытом эксплуатации тренажеров. В течение этого периода если и возникали случаи выхода из строя аппаратуры или ее неустойчивой (сбойной) работы, то это было связано исключительно с «человеческим» фактором (ошибки проектирования, ошибки монтажа при отладке, недоотлаженное программное обеспечение, в том числе и верхнего уровня и т.д.).

Выбор аппаратной платформы УСО тренажеров переходного отсека СО1 и Многофункционального лабораторного модуля на момент начала проектирования и заказа технических средств, наряду с перечисленными обстоятельствами, также был предопределен тем, что они, по сути, являлись развитием единого комплекса тренажеров российского сегмента Международной космической станции и должны были иметь полную совместимость с уже действующими тренажерами.

За прошедшее время интенсивной эксплуатации технические средства УСО на платформе VME с операционной системой OS-9 и процессором Motorola 68K формально исчерпали свой ресурс и требуют модернизации. Частично такие мероприятия были проведены путем замены в каждом крейте процессорных плат VM30 на более производительные VM62(662) и это является основанием для продления ресурса аппаратных средств еще на достаточно большой срок (несколько лет).

Тем не менее, необходимо учитывать, что платформа на базе операционной системы OS-9 и процессоров Motorola 68K значительно отстала по своим техническим характеристикам от современных требований. Поэтому при

проектировании новых тренажеров, разрабатываемых Центром тренажеростроения, по совокупности технических и экономических характеристик была выбрана более современная программно-аппаратная платформа на базе программируемых логических контроллеров серии WinPack и модулей ввода/вывода I-8000. Практическим примером такого решения может являться комплексы УСО тренажеров многофункциональных исследовательских модулей (МИМ1, МИМ2), «Дон-Союз ТМА2», «Выход-2», функционально моделирующий стенд «Орлан МК».

Исходя из этого, могут быть предложены разные варианты модернизации УСО, отличающиеся по стоимости и трудоемкости реализации.

1. Модернизация УСО на платформе VME путем перехода CPU на базу процессоров Intel без замены кроссовых средств, кабельной сети и преобразующих модулей, что позволит обеспечить большую производительность и упростит взаимодействие с вычислительной системой тренажеров. Однако, несмотря на кажущуюся простоту, это решение потребует переработки специального программного обеспечения, так как вынудит отказаться от операционной системы OS-9 и перейти на Windows или Linux.

2. Модернизация УСО путем перехода на новую платформу WinPack потребует очень много времени и финансовых затрат, так как практически это повлечет за собой полноценную разработку конструкторской документации, закупку большого объема оборудования, трудоемкий монтаж, автономную и комплексную отладку. И это неизбежно приведет к приостановке эксплуатации действующих тренажеров на очень продолжительный период времени.

3. Модернизация УСО путем доработки штатных приборов рабочего места операторов в тренажном исполнении со встроенными контроллерами, подключенными в локальную вычислительную сеть. Такой подход фактически является шагом к переходу от локальной к распределенной структуре и позволит постепенно значительно сократить потребность в оборудовании УСО, резко сократить кабельную сеть, а значит впоследствии упростить переход на платформу WinPack. Примером такого решения является пульт «Нептун МЭ» в тренажном исполнении со встроенным компьютером и УСО, имитаторы многофункционального пульта индикации (МПИ) и др. Необходимо четко понимать, что доработка программно-аппаратных средств УСО неизбежно повлечет за собой доработку кабельной сети с необходимостью длительных остановок тренажеров.

Учитывая очень большой объем оборудования УСО и тесно связанного с ним кроссового оборудования и кабельной сети, любой из выбранных вариантов обладает своими преимуществами и недостатками и потребует большого времени на фактически новую разработку конструкторской документа-

ции, монтаж и отладку. Поэтому прежде чем начинать практическую работу по модернизации, необходимо тщательно взвесить риски, объем и этапность выполнения работ.

ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА

**Наумов Б.А., Саев В.Н., Виноградов Ю.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Доклад посвящен ретроспективному анализу процесса подготовки научных кадров высшей квалификации в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (далее Центр), динамики формирования его кадрового научно-го потенциала, начиная с основания Центра по настоящее время.

Опыт Центра подготовки космонавтов по проведению учебно-тренировочных работ в течение 1960 года показал, что для успешного выполнения задач по отбору и подготовке космонавтов по программе «Восток», а также в условиях значительно возраставшего объема инженерно-технических работ по созданию необходимых средств подготовки космонавтов ему требовались научные кадры высшей квалификации – кандидаты и доктора наук. В связи с этим для работы в Центре с 1960 по 1969 годы были приглашены: доктор медицинских наук; семь кандидатов технических, пять кандидатов медицинских, кандидат военных и кандидат педагогических наук. В этот же период, сотрудники Центра в диссертационных советах смежных организаций защитили диссертации: доктор технических наук, семь кандидатов технических и три кандидата медицинских наук.

С 1970 года в Центре началась целенаправленная подготовка научных кадров высшей квалификации путем соискательства ученых степеней в смежных организациях, в адъюнктурах ВУЗов и НИО МО. За 20 лет (1970–1990 годы) подготовлено 8 докторов и 80 кандидатов наук.

Защита диссертаций в диссертационных советах других организаций заставляла сотрудников Центра адаптировать материалы диссертационных работ под особенности конкретных диссертационных советов. При этом согласование вопросов, связанных с защитой диссертаций требовало больших временных затрат, в силу чего многие соискатели прекращали работу над диссертациями.

Указанные обстоятельства вызвали необходимость создания в Центре собственного диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук, который был создан приказом ВАК от 18 октября 1990 года.

В период работы собственного диссертационного совета Центра (1991–2007 годы) подготовлено 30 кандидатов технических наук, из которых 18 защитили диссертации в совете Центра, 5 из которых в дальнейшем защитили докторские диссертации.

В соответствии с приказом Минобрнауки России от 9 января 2007 года № 2 «Об утверждении Положения о совете по защите докторских и кандидатских диссертаций» диссертационный совет Центра прекратил свою деятельность.

В период с 2008 года по настоящее время пополнение научных кадров высшей квалификации Центра осуществлялось по двум направлениям: во-первых, за счет подготовки собственных научных кадров высшей квалификации путем соискательства ученой степени в диссертационных советах других организаций (17 кандидатов наук и 6 докторов наук); во-вторых, научными кадрами высшей квалификации, приглашенными из других организаций (13 кандидатов наук и 2 доктора наук).

Приказом Минобрнауки России от 17.08.2015 № 937/нк в космической отрасли создан объединенный совет Д 999.024.04 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в котором в 2016 году сотрудником Центра защищена кандидатская диссертация по специальности 05.07.10 – Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности.

Всего в Центре подготовлено 24 доктора и 148 кандидатов наук по 12 отраслям науки, что свидетельствует о широком спектре научных интересов ученых Центра и уникальном составе его кадрового научного потенциала.

В итоге целенаправленной деятельности руководства Центра по подготовке научных кадров сложились благоприятные условия для дальнейшего наращивания его кадрового научного потенциала. В Центре издается журнал, включенный в список ВАК, основаны 9 научных школ [1] по широкому спектру проблем, создан объединенный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Дальнейшая работа по подготовке научных кадров высшей квалификации позволит обеспечить совершенствование системы отбора и подготовки космонавтов, проведение исследований, испытаний космической техники, создание новых технических средств и методического обеспечения различных видов подготовки космонавтов в современных условиях.

Литература

[1] С именем Гагарина... / Научно-техническое издание. – М.: «Издательство «АКАНТ» при участии ГУП «Редакция журнала «Московский журнал. История государства Российского», 2005. – 202 с.

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОТОТИПА
ИНТЕРАКТИВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РУКОВОДСТВА
ДЛЯ ТРЕНАЖЕРА ПКА НА ОСНОВЕ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Жохов А.И.

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

ЦПК является заказчиком, пользователем и эксплуатантом тренажеров отечественных ПКА для подготовки космонавтов.

Для информационного обеспечения решения ряда задач, возникающих в процессе заказа и использования тренажеров, во 2 управлении ЦПК разрабатываются и внедряются специализированные информационные системы [1]. В [2] рассмотрены перспективы применения технологии интерактивного электронного технического руководства (ИЭТР) для информационной поддержки процесса эксплуатации тренажеров ПКА.

В докладе рассматривается место ИЭТР в процессах обеспечения жизненного цикла изделия, нормативная база для создания ИЭТР, сферы их распространения и эффективного использования, а также наиболее применяемые средства создания ИЭТР.

Наибольшее распространение ИЭТР получили в отраслях авиастроения, судостроения, вооружения и военной техники. Для изделий этих отраслей требуются ИЭТР благодаря следующим свойствам изделий: большой объем эксплуатационной документации; конструктивная сложность и сложность эксплуатационных и ремонтных процедур; серийность и большое количество вариантов исполнения, модификаций; длительные сроки эксплуатации; необходимость связи эксплуатанта каждого изделия с его разработчиком и изготовителем (планирование и заказ запчастей); острая конкуренция между производителями и рынок изделий.

Тренажеры ПКА отличаются от приведенных выше изделий следующие характеристики: тренажеры (кроме динамических) не имеют движущихся частей, конструктивно относительно просты, как и их эксплуатационные процедуры; каждое изделие изготавливается в единственном экземпляре в процессе опытно-конструкторской работы, не предназначено для рынка; эксплуатируется опытным персоналом с привлечением в необходимых случаях представителей разработчика изделия.

В результате можно заключить, что обязательность ИЭТР для тренажера ПКА не может быть критическим требованием заказчика, но предложение потенциального разработчика обеспечить для тренажера ИЭТР (и поддерживать ее), несомненно, повышает конкурентные качества разработчика.

Вот почему важной задачей является обоснование самой целесообразности разработки ИЭТР для конкретного тренажера, требований к функционалу и интерфейсу ИЭТР и путей его создания.

Для решения этих задач в тренажерном управлении ЦПК создается исследовательский прототип ИЭТР тренажера ПКА на основе свободно распространяемого программного обеспечения. В докладе приводятся сведения о технологии его создания и реализованном функционале.

Литература

[1] Жохов А.И. Опыт разработки и применения прототипов элементов системы информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров ПКА // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 3(24). – С. 46–57.

[2] Жохов А.И., Игнатъев С.В. Перспективы внедрения технологии интерактивных электронных технических руководств в практику эксплуатации тренажеров ПКА // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 3(32). – С. 47–56.

СЕКЦИЯ 5

**ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРИФУГ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ**

**НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ НА ЦЕНТРИФУГАХ
В ИНТЕРЕСАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ**

**Долгов П.П., Киршанов В.Н., Гаврик И.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В настоящее время определены основные задачи пилотируемых космических программ на ближайшую перспективу и на период до 2030 года. До 2024, а возможно и до 2028 года, продолжится эксплуатация МКС. После 2030 года запланированы пилотируемые полеты к Луне.

Основные задачи подготовки космонавтов по программе МКС [1] на центрифугах включают:

- подготовку 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.

В интересах перспективных космических программ планируется проведение исследований для создания научно-технического задела по возможным задачам подготовки космонавтов, отработке задач моделирования различных этапов полета, имитации условий невесомости и пониженной весомости.

Рассматривается возможность имитации следующих этапов полета лунной экспедиции [2]:

- выполнение маневров для выхода на орбиты перелета;
- этапы посадки на Луну и старта с лунной поверхности;
- перемещения по поверхности Луны на транспортных средствах;
- вход в атмосферу Земли со 2-ой космической скоростью при возвращении с Луны.

Актуальной научно-технической задачей является определение возможностей имитации на центрифугах физиологических эффектов невесомости, действующей в космосе, и пониженной гравитации, действующей на других планетах. В данном направлении трудами специалистов МГУ имени М.В. Ломоносова и Самарского государственного технического университета создан определенный задел [3, 4], который может быть реализован на центрифуге ЦФ-18. Развитие и совершенствование предложенных методов является актуальной задачей. Решение этих задач позволит перейти к созданию методик сквозного моделирования на центрифугах условий космического полета пилотируемых транспортных кораблей на МКС и методик сквозного моделирования условий космического полета лунных экспедиций.

С 2018 года вновь начались работы по программе послеполетных экспериментальных исследований, проводимых в период 2013–2016 годов. Эти исследования проводились на тренажерах ТС-18 и ТС-7 [5]. Целью экспериментов является получение статистических данных о параметрах выполнения космонавтами полетных операций на земле на следующие сутки после завершения космического полета.

К направлению фундаментальных исследований относятся планируемые экспериментальные исследования по моделированию на центрифуге ЦФ-18 линейных и угловых ускорений, адекватных ускорениям, воздействующим на тело космонавта (вестибулярный аппарат) в космосе, одновременно с изменением виртуальной среды, соответствующим выполняемому перемещению или выполняемой операции. Этот эксперимент фактически является наземной частью космического эксперимента «Вектор-МБИ-1».

Перспективной задачей, возможность реализации которой на центрифуге отрабатывается в настоящее время, является управление луноходом (ровером) в динамике с имитацией перегрузок при движении ровера по поверхности Луны. Для проведения экспериментальных исследований отрабатываются вопросы размещения требуемого оборудования в кабине и передачи информации между стационарными и подвижными частями системы, размещенными в кабине центрифуги.

Литература

- [1] Перспективные задачи целевого применения центрифуг для проведения исследований и подготовки космонавтов. Долгов П.П., Киршанов В.Н., Чудинов А.П. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2017. – С. 161–162
- [2] К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны. Е.Ю. Иродов, П.П. Долгов, В.С. Коренной, Б.И. Крючков, В.И. Ярополов. Пилотируемые полеты в космос. 2018. – № 1(26). – С. 71–89.
- [3] Проблемы адекватности модельной гипогравитации Луны и Марса. Акулов В.А., Балакин В.Л. Пилотируемые полеты в космос. 2019. – № 1(30). – С. 62–79.
- [4] Л.И. Воронин, Р.Р. Каспранский, В.Н. Киршанов, В.В. Александров, В.А. Садовничий. Возможности моделирования динамических факторов космического полета на центрифуге с управляемым карданным подвесом в интересах обеспечения перспективных космических программ. Пилотируемые полеты в космос. 2013. – № 1(1). – С. 135–142.
- [5] Экспериментальные исследования в интересах обеспечения полетов человека в дальний космос. Крикалёв С.К., Крючков Б.И., Харламов М.М., Новицкий О.В., Тарелкин Е.И., Курицын А.А., Почуев В.И., Долгов П.П., Орешкин Г.Д. Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2013. – № 8. – С. 126–135.

**КОНЦЕПЦИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ
ДЛИННОРАДИУСНОЙ ЦЕНТРИФУГИ ЦФ-18
ПОД ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДАЛЬНОГО КОСМОСА**

Акулов В.А.

**(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва)**

К числу актуальных проблем перспективной космонавтики относится создание нового поколения тренажеров, предназначенных для подготовки экипажей межпланетных экспедиций (Дальний Космос – Dark cosmos) [1]. Прежде всего, необходимы устройства, создающие локальное пространство, имитирующее пребывание человека в специфических условиях, отсутствующих как на Земле, так и в орбитальных полетах на МКС [2]. К ним относится имитация гипогравитации Луны и Марса в сочетании с воспроизведением газового состава российского и американского скафандров, предназначенных для внекорабельной деятельности.

Как известно, человек является гравитационно зависимым субъектом. Его состояние в значительной степени определяется величиной и направлением воздействия со стороны гравитации. Указанная свойство организма обусловлено тем, что гравитация действует как бустерный насос, создающий в периферической системе кровообращения гидростатическое давление, причем соизмеримое по величине с системным давлением. В невесомости гравитационный бустер не действует, что приводит к негативным последствиям, включая утрату организмом человека некоторых функций. Наглядной иллюстрацией служат кадры возвращения экипажей на Землю, когда космонавты не в состоянии покинуть спускаемый аппарат и передвигаться без посторонней помощи.

Гипогравитация занимает промежуточное положение между невесомостью и нормой (Земля, ортостаз), что означает пониженную эффективность бустерного насоса. Как следствие, особую актуальность приобретает проблема оценки состояния человека при его длительном (многосуточном) пребывании на Луне и Марсе, включая уровень работоспособности. В связи с этим, выполнены исследования потенциальных возможностей длиннорадиусной центрифуги ЦФ-18 (НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина, рис. 1) по моделированию гипогравитации и созданию на ее основе прототипа тренажера для подготовки экипажей межпланетных экспедиций.

В основу исследований, выполненных совместно со специалистами ЦПК, положен принцип параметрической модернизации, не требующий дорогостоящих вмешательств в основные системы (конструкция ротора, силового привода и т.п.). Коррекции подлежат только эксплуатационные параметры: режимы

вращения, пространственная ориентации кабины и ее газовый состав, процессы подготовки испытуемых к экспериментам, информационно-аналитическая система. Отметим два важных момента. Во-первых, впервые предусматривается одновременное вращение двух человек (рис. 2).



Рис. 1. Общий вид центрифуги ЦФ-18.
На переднем плане участники
XII Международной конференции
«Пилотируемые полеты в космос»



Рис. 2. Общий вид двухместной кабины
со стороны входа. Люки открыты.
В левом отсеке размещается врач УЗДГ,
в правом – испытуемый (космонавт)

Во-вторых, разработана и апробирована в режиме имитации гипогравитации Луны новая разновидность длиннорадиусных центрифуг, представляющая собой автомобиль, совершающий круговое движение с находящимся в нем экипажем (два человека и более). «Автомобильная» центрифуга (АЦ) является инновационным решением проблемы, существенно расширяющим диапазон исследований по проблемам подготовки экипажей. При надлежащем выборе радиуса траектории (порядка 200 м) обеспечивается практически однородное поле искусственной силы тяжести, что не достижимо в условиях современных центрифуг. Благодаря ряду свойств и, прежде всего незначительной инерционности, АЦ является инструментом для отработки сложных, опасных экспериментов. Кроме того, она обладает экономической целесообразностью.

Заключение

Расчетно-экспериментальные исследования, выполненные автором совместно со специалистами ЦПК имени Ю.А. Гагарина, доказывают целесообразность и перспективность предлагаемых решений, направленных на расширение функций центрифуги ЦФ-18 с последующим её превращением в прототип тренажера экипажей межпланетных экспедиций.

Предлагаемые технологии не имеют ближайших аналогов.

Литература

- [1] Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы.
[2] Основные направления работ на центрифугах и их целевого применения. Долгов П.П., Киршанов В.Н., Чудинов А.П. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XI Международной научно-практической конференции. 2015. – С. 267–268.

ЦЕНТРИФУЖНЫЙ СТЕНД С-3 НА БАЗЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕНТРИФУГИ ЦФ-8: 60 ЛЕТ В СТРОЮ

**Филипенков С.Н., Пятница А.С., Четин В.И., Емельянов А.С.,
Емельянов С.А., Куликов Б.А.
(АО «НПП «Звезда», пос. Томилино, Моск. обл.)**

В докладе представлен обзор работ, проводимых в отделе 8 авиационной и космической медицины АО «НПП «Звезда», результаты которых по сию пору вносят весомый вклад в НИОКР по созданию и испытаниям защитного снаряжения, систем жизнеобеспечения и средств спасения экипажей летательных аппаратов (ЛА). На момент создания отдела для нужд ВВС использовали только трофейные физиологические центрифуги (ЦФ) карусельного типа. По этой причине, главный конструктор предприятия С.М. Алексеев под руководством которого было создано особое КБ и опытное производство завод № 918 ГКАТ обосновал перед Министерством авиационной промышленности необходимость закупки более современной авиационной центрифуги германской фирмы WMT сразу же после начала работ по космическим системам спасения в 1957 г. По контракту ЦФ была доставлена на предприятие в 1959 г. Приемосдаточные испытания стенда проводились в течение 1960 г. Они были завершены в начале 1961 г. [1, 2]

В период с 1960 по 2019 годы на ЦФ проведено более 12400 физиологических испытаний с участием кандидатов в космонавты, добровольцев и летчиков-испытателей. Это позволило предприятию вместе со смежными организациями разработать системы аварийного спасения, усовершенствовать скафандры космонавтов, испытать надувную шлюзовую камеру «Волга» и различные средства для перемещения в открытом космосе (21КС, СПК «Safer») на перегрузки выведения на орбиту, а также такие бортовые средства жизнеобеспечения человека как «Колос», «Гранат», «Чибис» и др. [3, 4]. В 1974 году после создания современных центрифужных стендов в ЦПК им. Ю.А. Гагарина и в ИМБП МЗСССР стенд ЦФ-8 был переоборудован с в кабину установкой различных вариантов катапультных кресел серии К-36 с тензометрическими педалями и макетом таких органов управления как РУС и РУД. Доработанный

стенд С-3 использовался в последующем для технических и физиологических испытаний с участием испытателей-добровольцев различных авиационных систем и защитного снаряжения летчиков-истребителей, а именно: комплектов кислородного оборудования ККО-5–ККО-15 ЛП, противоперегрузочных костюмов ППК-3 и ППК-3Р120М, ППК-7, ВКК-15, ВКК-17 с автоматами давления от АД-5 до АД-17 и бортовыми кислорододобывающими установками БКДУ-129 и БКДУ-130.

С 2000 г. каждые 3 года проводится переаттестация центрифуги по техническому состоянию стенда, на основании которой вплоть до настоящего времени продолжаются испытания бортовых систем обеспечения жизнедеятельности, кислородной системы КС-50 с перспективными комплектами защитного снаряжения, включая несколько модификаций ППК, защитные шлемы ЗШ и кислородными масками КМ-36 и КМ-36М. Помимо 15 испытателей-добровольцев предприятия, подготовленных на ЦФ-8 к вращению с линейными перегрузками « n_y » от 5 до 9 единиц, в испытаниях новых систем противоперегрузочной защиты участвовали летчики-испытатели ЛИИ и РСК МиГ [5, 6].

В настоящее время стенд готовится к использованию для тренировок летного состава с целью ознакомления летчиков с противоперегрузочными приемами мышечного напряжения и дыхательных маневров при перегрузках « n_y » 5–6 ед., а также для психофизиологической подготовки по применению защитного снаряжения при дыхании под избыточным давлением на перегрузках « n_y » от 7 до 9 ед.

Литература

- [1] А.С. Барер. Предел переносимости человеком поперечно действующих ускорений и физиологические реакции организма // Проблемы космической биологии. Т. II. М.: «Наука». – 1962. – С. 255–272.
- [2] А.С. Барер. Предел переносимости: Очерки об устойчивости человека к неблагоприятным факторам авиационного и космического полетов. Т. 1. – М.: Блок-Информ-Экспресс. – 2012. – С. 24–40.
- [3] Е.А. Дегтярёв, Е.П. Тихомиров. Центрифуга для физиологических исследований НПП «Звезда» / Сборник тезисов: 8-ая Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос». Звездный городок, октябрь 2009. – С. 256–259.
- [4] С.А. Емельянов, С.Н. Филипенков. Аппаратно-программный комплекс контроля состояния оператора на центрифужном стенде / Космический форум, посвященный 50-летию полета в космос Ю.А. Гагарина (Сборник материалов). Москва, апрель 2011. – 79 с.
- [5] Е.П. Тихомиров, Г.А. Давыдов, В.К. Костин, К.И. Мураховский, Е.И. Сорокина, С.Н. Филипенков. Об участии научно-исследовательского испытательного отдела авиакосмической медицины ОАО «НПП «Звезда» в подготовке первого пилотируемого космического полета / Материалы XXXIX Общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина. – Ч. I. Гагарин, март 2013. – С. 157–167.

[6] С.Н. Филипенков, К.И. Мураховский, Е.И. Сорокина, А.С. Опарин. Адаптационные и компенсаторные возможности неопытного человека при вращении на центрифуге с большими по величине, длительности и скорости нарастания перегрузками / Материалы 10^й Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». Звездный городок, ноябрь 2013. – С. 228–229.

**ФАКТОРЫ РИСКА ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ
НА ВЫСОКОМАНЕВРЕННЫХ САМОЛЕТАХ
И СПОСОБЫ НОРМАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ЛЕТЧИКОВ ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА**

**Маряшин Ю.Е., Малащук Л.С., Гаврилова Е.А.
(НИИЦ (АКМ и ВЭ) ЦНИИ ВВС Минобороны России, г. Москва)**

Выполнение длительных полетов в любом виде авиации неизбежно сопряжено с такими факторами риска, как гиподинамия и монотония, которые при длительном их воздействии вызывают появление утомления, снижение общей активности организма, притупление внимания и контроля за параметрами полета. На летчиков высокоманевренных самолетов в длительном полете оказывают влияние еще и факторы риска, которые вызваны длительным и неизменно-неподвижным положением тела в кресле пилота, длительным воздействием веса шлема на голову летчика, а также многократным увеличением веса шлема во время пилотажных перегрузок, что способствует появлению мышечно-скелетных болей и неврологической симптоматики. Неблагоприятное воздействие этих факторов вызывает озабоченность не только специалистов ВВС России, но и военной авиации стран НАТО, которые уделяют особое внимание поиску средств и методов повышения функциональных резервов, обеспечивающих высокий уровень устойчивости летчика к этим факторам и сохранение его здоровья [1, 2, 3].

Для более точного осмысления причин возникновения болей и нежелательной симптоматики в длительном авиационном полете, когда летчик долго пребывает в вынужденной рабочей позе, можно выделить факторы, которые делятся на три группы:

1. Биомеханические факторы – характеризуют статодинамические особенности опорно-двигательного аппарата (ОДА) в рабочей позе в кресле пилота.
2. Функционально-анатомические – связаны с выполнением мышцами функций, которые характерны только для работы в одной биомеханической конструкции, а именно, в кресле пилота.
3. Функционально-физиологические – связаны с нарушением кровообращения, лимфообращения и нервной регуляцией внутренних органов и мышц из-за длительного пребывания в неизменной позе.

При этом летчик вынужден длительно выполнять определенную статическую и динамическую работу – удерживать тело и голову в определенном положении, двигать головой и руками, при необходимости выполнять противоперегрузочные приемы (ППП). При такой биомеханике основная нагрузка приходится на таз и позвоночник, усиливая давление на межпозвонковые диски и увеличивая наклон таза кзади, а шлем вместе с нашлемной системой вызывает повышенную нагрузку на шею, увеличивая шейный лордоз и усиливая напряжение в атлanto-затылочном сочленении. Длительное сохранение такого положения вызывает негативные неврологические и сосудистые изменения.

В результате летчик может испытывать дискомфорт, усталость, головные боли, боли в шее, спине, коленном суставе, отеки не только ног, но и всего тела, что однозначно оказывает негативное влияние на его работоспособность и снижает профессиональную надежность.

В целях сохранения работоспособности в длительных полетах летчикам высокоманевренных самолетов необходимо периодически выполнять специальные действия, направленные на нормализацию состояния организма. Основанием для выбора таких действий является их направленность на устранение факторов риска или нивелирования их негативного влияния на организм во время полета. В этом смысле, такие действия, состоящие из специальных физических упражнений, дыхательных и мануальных, должны быть направлены на восстановление нормального кровообращения, лимфообращения, нервной регуляции органов и систем в соответствии с потребностями организма, на снятие нагрузки с позвоночника и таза, а также мышечных спазмов и застойных явлений. Важно отметить, что эффективность этих действий во время длительных полетов прямо зависит от уровня функциональной готовности летчиков и от того, насколько летчик ими владеет.

Что касается шейного отдела позвоночника, то, помимо специальных физических упражнений, мануальных и дыхательных приемов, необходимо искать другие способы, позволяющие разгрузить шейный отдел во время длительного полета.

Литература

- [1] Специальная психофизиологическая и физическая подготовка с целью повышения устойчивости летного состава к пилотажным перегрузкам / Методическое пособие для летного состава под ред. Ушакова И.Б., Ромасюка С.И., Зубкова А.Д., Хоменко М.Н. – М., 2006. – 160 с.
- [2] Harrison M., Forde K. et al. Influences of posture and helmet load on neck muscle activation // *Aviat. Space Environm. Med.* – 2013. – V. 84, N. 4.
- [3] Rochelt S.H. et al. Low back pain injuries in military pilots – do clinical findings correlate with core performance? // *Aerospace Medicine and Human Performance.* – 2016. – V. 87, N 3.– p. 311.

ДИНАМИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛЕТНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННОГО ШУМА

**Чистов С.Д., Герасимова Е.Г., Скрябин С.Ю.
(НИИЦ (АКМ и ВЭ) ЦНИИ ВВС Минобороны России, г. Москва)**

Действие высокоинтенсивных шумов приводит к снижению работоспособности и появлению признаков утомления у летного состава. Работоспособность при чрезмерном шумовом воздействии (выше 85 дБА) снижается в зависимости от напряженности и тяжести труда. Наибольшее снижение (15–20 %) зарегистрировано при выполнении сложных психомоторных операций, наименьшее (до 15 %) – преимущественно при физическом труде [1].

Одним из важнейших свойств человека-оператора является его профессиональная работоспособность (ПР). Профессиональная работоспособность – это потенциальная возможность индивида выполнять целесообразную профессиональную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени. Применительно к операторским профессиям ее рассматривают как состояние человека-оператора, определяемое возможностью физиологических и психических функций организма, которое характеризует его способность выполнять конкретную работу.

Оценивание профессиональной работоспособности было применено в исследованиях по изучению влияния высокоинтенсивного авиационного шума на операторов авиационного профиля при выполнении полетного задания на полунатурном моделирующем комплексе. Методологический подход с использованием иерархической структуры комплекса показателей приведен в [2].

При выполнении полетного задания следовало выдерживать заданные пилотажно-навигационные параметры, последовательно проходя маршрут полета. Контроль указанных параметров осуществлялся с использованием специально созданных для этой цели программных средств. Регистрировались следующие параметры полета: отклонение воздушного судна (ВС) от заданной высоты, отклонение ВС от заданной скорости полета, отклонение ВС от заданного курса, отклонение ВС от заданного угла крена при выполнении разворота. По ряду значений перечисленных показателей производилось вычисление оценок их средних и среднеквадратических отклонений за весь полет.

Из полученных данных следует, что большинство показателей точности выдерживания параметров полета имеют статистически достоверные различия оценок средних значений по сравнению с контролем.

Статистическая достоверность различий средних значений рассматриваемых показателей достигается за счет некоторого снижения качества пило-

тирования, которое проявляется в увеличении отклонений от заданных параметров полета после длительного непрерывного широкополосного шумового воздействия с уровнем 95 дБА. Наибольшие изменения были получены по отклонению по высоте и скорости. Изменение интегрального показателя качества деятельности составило в среднем 15–20 %.

Необходимо отметить, что в начальный период имитационного полета с воздействием средние значения показателей точности пилотирования уменьшались, т.е. отмечалось повышение качества пилотирования. Таким образом, в выполненном исследовании было подтверждено наличие отрицательного влияния длительного шумового воздействия на профессиональную работоспособность летного состава. Выявлена также определенная динамика функционального состояния оператора, которая соответствовала результатам проведенных ранее исследований.

Литература

- [1] Зинкин В.Н., Харитонов В.В., Шешегов П.М. Потенциальная ненадежность действий – критерий оценки работоспособности авиационных специалистов и эффективности средств защиты от шума // Проблемы безопасности полетов. 2017. – № 7. – С. 3–16.
- [2] Чистов С.Д., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Кисляков Ю.Ю. Методическое обеспечение оценивания профессиональной работоспособности оператора в условиях воздействия интенсивного авиационного шума // Безопасность жизнедеятельности. 2019. – № 5. – С. 20–28.

ЦЕНТРИФУГА КОРОТКОГО РАДИУСА ИМБП: ЦЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Колотева М.И., Орлов О.И., Глебова Т.М.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)

Введение. Весомый объем научных данных по медицинскому обеспечению деятельности космонавтов в условиях работы орбитального комплекса «Мир» и Международной космической станции (МКС), накопленный в ИМБП, убедительно свидетельствует, что пребывание человека в условиях невесомости вызывает эффекты детренированности, в первую очередь, сердечно-сосудистой и костно-мышечной систем, явления гипогидратации и гиповолемии, нарушения процессов метаболизма и нейроэндокринной регуляции функций [1]. Эти изменения лишь частично нивелируются существующими на борту российского сегмента МКС средствами профилактики и защиты, так как не восполняют отсутствие гидростатического давления крови, весовой нагрузки на костно-мышечный аппарат и изменение функционирования афферентных

систем. Универсальным средством профилактики отрицательного влияния невесомости на организм человека может быть искусственная сила тяжести (ИСТ), которая устраняет сам фактор невесомости, путем использования на борту станции центрифуги короткого радиуса (ЦКР) для создания периодически повторяющиеся нагрузок ИСТ [2; 3].

Цель. Разработка средств комплексной профилактики развития заболеваний сердца и сосудов и портативных телемедицинских устройств мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы с применением методов космической медицины.

Методы. ЦКР ИМБП нового поколения, полностью российская разработка, создавалась с учетом предыдущего опыта работы, а также мировых аналогов. Имеет ряд преимуществ перед зарубежными аналогами и позволяет решать весьма широкий спектр задач космического назначения. Проведены 27 экспериментальных исследований на ЦКР с участием 9 практически здоровых испытуемых-добровольцев в возрасте 25–40 лет с использованием перегрузок направления «голова-таз» (+Gz) на уровне стоп максимально до 2,0; 2,4 и 2,9 ед. (соответственно первый, второй, третий). В основу расчетов математического моделирования оптимального режима были заложены величины гидростатического давления крови человека и перегрузки, которые необходимо получить в условиях невесомости при вращении на ЦКР, соответственно, равные гидростатическому давлению на Земле. Контроль эффективности применения ЦКР проводился при помощи набора тестовых методик, в том числе используемых в настоящее время на борту МКС, для оценки состояния сердечно-сосудистой, мышечной и сенсорной систем. При формировании «батареи» методик использовали «Руководство по стандартизации исследований с гипокинезией в контексте космического полета», разработанное Международной академией астронавтики [4].

Результаты. Изменения гемодинамики при всех трех режимах вращения оставались в пределах физиологических значений. Выявлены значимые изменения линейной скорости кровотока в артериальном русле. Значимых изменений мозгового кровообращения не зарегистрировано. Выявлены различия в реакциях артериолярного, веноулярного и капиллярного звеньев микроциркуляторного русла верхних и нижних конечностей при вращениях на ЦКР. Анализ динамики перемещения жидкостных сред по данным биоимпедансного анализа при всех режимах выявил увеличение общего объема жидкости в ногах. Впервые определена эффективность различных режимов вращения на опорную афферентацию. Комплексная оценка зрительной сенсорной системы показала высокую устойчивость ко всем режимам перегрузок. Стрессогенность и психофизиологическая переносимость воздействия была обусловлена

физическими характеристиками воздействия и его новизной для испытателя, отчетливо проявился эффект тренировки.

Выводы. Исследуемые режимы перегрузок являются перспективными для профилактики негативных последствий микрогравитации. Итогом целенаправленных наземных исследований будет разработка бортового варианта ЦКР с перспективой апробации наземных результатов в орбитальных полетах. Полученные результаты могут быть основанием для дальнейшего изучения действия ИСТ в интересах практической медицины, в частности, нейрофизиологического механизма регуляции внутриглазной гидродинамики, что является сферой научного поиска в вопросе патогенеза глаукомы.

Литература

- [1] А.Р. Котовская, М.И. Колотева. Проявления детренированности сердечно-сосудистой системы человека на этапе возвращения на Землю после пребывания в невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. – № 1. – 2016. – Т. 50. – С. 13–16.
- [2] О.И. Орлов, М.И. Колотева, А.А. Шипов. Исследования на установках медленного вращения // Сборник научных статей «Космическая медицина и биология». – 2013. – С. 562–569.
- [3] О.И. Орлов, М.И. Колотева. Центрифуга короткого радиуса как новое средство профилактики неблагоприятных эффектов невесомости и перспективные планы по разработке проблемы искусственной силы тяжести применительно к межпланетным полетам // Авиакосмическая и экологическая медицина. – № 7. – 2017. – Т. 51. – С. 11–18 (специальный выпуск).
- [4] Patrik Sundblad, Oleg Orlov, Oliver Angerer, Irina Larina, Ronita Cromwell // Guidelines for standardization of bed rest studies in the spaceflight context. – IAA. – June. – 2014.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРА СЛОЖНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Агафонов Д.В., Голиков Е.В., Серебrenников М.В.
(АО ЦНТУ «Динамика», г. Жуковский)

Использование центрифуг во время физической подготовки космонавтов к полетам в космос обусловлено их высокой эффективностью при формировании длительных и краткосрочных перегрузок до 30 единиц. Неоспоримым преимуществом является тот факт, что при длине плеча центрифуги более 15 метров человеческое восприятие кориолисова ускорения формирует ощущение прямолинейного полета, создавая тем самым точную модель динамических нагрузок, испытываемых космонавтом при движении космического корабля на активных участках полета.

В нынешних условиях оснащение центров подготовки космонавтов к космическим полетам современными центрифугами является сложной зада-

чей, обусловленной, с одной стороны высокой стоимостью их производства, а с другой наличием вполне работоспособных, но при этом устаревших экземпляров. Сложившаяся ситуация позволяет более подробно изучить имеющиеся технические решения в области тренажеростроения, расширить программу подготовки, дополнив ее линейкой тренажеров сложного пространственного положения.

Подготовка космонавтов – это комплекс мероприятий, направленных на формирование и поддержание у космонавтов совокупности определенных знаний, навыков и умений, необходимых для надежного и безопасного выполнения программы космического полета и составляющих основу квалификации космонавта [1]. Гибкий подход к процессу подготовки космонавтов позволяет рассматривать в качестве дополнительных средств подготовки тренажеры сложного пространственного положения, и использовать их на этапах подготовки космонавтов в составе групп специализации и совершенствования по типам пилотируемых космических аппаратов (ПКА) или направлениям специализации, подготовки космонавтов в составе утвержденных экипажей к конкретному полету на ПКА, а также подготовки экипажей на борту ПКА в процессе космического полета.

Использование в составе тренажера сложного пространственного положения промышленного робота серийного производства, позволяет сократить издержки на производство тренажера и на техническое обслуживание в процессе его эксплуатации, а прозрачный подход к разработке специального программного обеспечения, моделирующего акселерационные воздействия, позволяет модернизировать и улучшать характеристики изделия в соответствии с растущими требованиями и новыми задачами.

Серийные образцы промышленного робота большей грузоподъемности позволяют выполнять манипулирование тяжелыми грузами на расстояние до 6,5 метров, при этом полезная нагрузка может достигать значений в диапазоне от 750 кг до 1300 кг со скоростями до 206 градусов в секунду [2]. Точность воспроизведения акселерационных воздействий достаточно высока и технические характеристики данного робота позволяют имитировать сложное пространственное положение космонавта в процессе космического полета.

Тренажер сложного пространственного положения позволяет имитировать ощущения космонавтов, например, при посадке спускаемого/возвращаемого аппарата (СА/ВА) на водную поверхность, при этом программное обеспечение моделирования акселерационных воздействий с высокой точностью позволит имитировать положение космонавтов в зависимости от текущего положения центра масс аппарата и волнения водной поверхности. Задача по внедрению тренажера сложного пространственного положения в процесс

подготовки космонавтов имеет методический характер, и ее решение требует непосредственного участия специалистов, занимающихся различными видами подготовки.

Литература

[1] Подготовка космонавтов в Центре. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gctc.ru/main.php?id=117> (дата обращения: 15.08.2019).

[2] KR 1000 titan [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kuka.com/en-gb/products/robotics-systems/industrial-robots/kr-1000-titan> (дата обращения: 15.08.2019).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ СОЗДАНИИ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Никитин А.П., Пафнутьев В.В., Сиверцев С.А., Тюлин Е.А.

(ООО «Константа-дизайн»)

Халин В.А.

(АО «Центр научно-технических услуг «Динамика»)

Создание технических средств подготовки летчиков и космонавтов, деятельность которых связана с риском для жизни и дорогостоящим оборудованием, является актуальной задачей. При этом, требования к качеству имитации моделируемой ситуации в тренажерных системах постоянно растут, а вместе с ними появляются новые функциональные возможности при обучении. За текущее десятилетие технологии виртуальной реальности на порядок повысили качество погружения человека-оператора в моделируемое пространство. И темп их развития постоянно наращивается [1, 2].

Рассматриваются аспекты при восприятии имитируемых ощущений, отражающих воздействие внешней среды на рецепторы человека-оператора, различными анализаторными системами.

Рассматриваются текущее состояние и тенденции развития технологий имитации воздействия на человека-оператора.

Рассматриваются существующие и возможные варианты комплексирования различных технических решений с технологией виртуальной реальности с целью создания перспективных тренажерных средств и средств подготовки космонавтов.

Рассматриваются проблемы развития перспективных средств обучения летчиков и космонавтов на основе текущих технических решений [3, 4].

Литература

- [1] Отраслевая конференция расширяет тематику // Журнал компании АО ЦНТУ «Динамика», 2018. – № 1. – С. 20–21. [Электронный ресурс]. URL: <http://dinamika-avia.ru/mcenter/forum/> (дата обращения: 25.09.2019).
- [2] DEUS и Константа-Дизайн стали партнерами по профессиональным авиасимуляторам [Электронный ресурс]. URL: <https://holographica.space/news/deus-constant-19067> (дата обращения: 25.09.2019).
- [3] Исследование возможности создания технических средств обучения на базе очков виртуальной реальности: Отчет о НИР / ООО «Константа-Дизайн»; рук. Е.А. Тюлин; исполн.: П.П. Палагин, А.О. Плешачков, В.В. Пафнютев, С.А. Сиверцев, В.Р. Тюменев, С.В. Шиленков. М., 2018. – 17 с. Инв. № 0342015
- [4] Виртуальные технологии для обучения пилотов // Журнал компании АО ЦНТУ «Динамика», 2017. – № 2. – С. 24–27. [Электронный ресурс]. URL: <http://dinamika-avia.ru/mcenter/forum/> (дата обращения: 25.09.2019). <http://dinamika-avia.ru/mcenter/forum/> (дата обращения: 25.09.2019).

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НА ЦЕНТРИФУГЕ ТРЕНАЖЕРА УПРАВЛЕНИЯ МАЛОМАНЕВРЕННЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

**Бугрий Г.С., Канищев Р.А., Павлов А.В., Пашков И.В.,
Сухочев П.Ю., Чертополохов В.А.
(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)**

В рамках планируемых [1] космических полетов актуальна задача тренировки управления различными транспортными средствами. В том числе управление лунным транспортным средством («луномобилем» или «ровером») в условиях воздействия существенно меньшей, чем на Земле, силы гравитации и после воздействия на организм космонавтов условий микрогравитации. Имитировать функциональную невесомость [2] позволяют созданные для центрифуги с управляемым кардановым подвесом кабины алгоритмы динамической имитации внутрилабиринтного сенсорного конфликта [3]. Этот подвес с тремя степенями свободы, закрепленный на плече центрифуги ЦФ-18, позволяет реализовать динамическую имитацию изменения направления вектора ускорения, воздействующего на организм человека. Для тренировок действий оператора в нештатных ситуациях центрифуга ЦФ-18 позволяет создать длительные, знакопеременные и циклические перегрузки. Основным недостатком центрифуг для задач тренировок пилотов и операторов транспортных средств считают [4] существенное влияние эффекта Кориолиса на вестибулярный аппарат человека при поворотах головы в процессе операторской деятельности. В другом источнике [5] сообщается о незначительности влияния эффекта, вызванного воздействием силы Кориолиса, на вестибулярный аппарат человека

в случае, если радиус траектории движения центра кабины более 16 метров (у ЦФ-18 этот радиус на два метра больше).

Для реализации на центрифуге ЦФ-18 тренажера по управлению мало-маневренным транспортным средством требуется проверить:

- соответствие технических возможностей системы подвижности центрифуги требованиям, предъявляемым к динамической имитации на тренажерном стенде;

- соответствие технических возможностей каналов связи оборудования, расположенного в кабине центрифуги, с блоком управления системой подвижности;

- работоспособность выбранного оборудования визуализации в условиях воздействия ускорений, действующих в процессе выполнения программы тренировки;

- качество синхронизации динамической имитации и визуализации.

Для реализации тренажера требуется осуществлять управление центрифугой в реальном времени на основе данных математической модели транспортного средства. Расположение вычислительного и графического комплекса непосредственно в кабине центрифуги необходимо для минимизации задержки отображения визуальной обстановки.

В ходе проверки было выполнено:

- изучение заявленных производителем характеристик датчиков и приводов системы подвижности центрифуги для определения технических ограничений;

- измерение (при помощи встроенных датчиков и дополнительных регистрирующих датчика угловых скоростей и инклинометра) фактических значений углов положения кабины, воспроизводимых угловых скоростей и ускорений, оценка их отклонения от заданных величин;

- тестирование в процессе вращений консоли центрифуги и подвеса кабины скорости и стабильности ethernet-соединения размещенного внутри кабины оборудования с расположенным в помещении пультовой ЦФ-18 компьютером, управляющим системой подвижности;

- тестирование в процессе движения центрифуги расположенной в ее кабине высокопроизводительной системы виртуальной реальности, нагруженной моделированием и визуализацией управляемого движения лунного транспортного средства; измерение значений температуры ядра вычислительной системы при воздействии сил Кориолиса на вентиляторы системы охлаждения;

- считывание и анализ потока команд, управляющих системой подвижности;

- создание программного модуля формирования команд управления центрифугой;
- адаптация тренажера, созданного в лаборатории МОИДС МГУ имени М.В. Ломоносова для системы подвижности опорного типа с двумя вращательными и одной поступательной степенями свободы, к центрифуге;
- оценка испытателями, управляющими лунным транспортным средством из кабины центрифуги, соответствия визуализации в шлеме виртуальной реальности движениям модели и динамической имитации направления вектора перегрузки; определение величины отставания фазы положения кабины от соответствующей фазы отображаемой в системе визуализации модели движущегося лунного транспортного средства.

Получены результаты:

- достигнута скорость передачи данных по ethernet-каналу более 43 Мбит/с и не меняется при вращении центрифуги на всем диапазоне испытанных перегрузок (до 40 м/с²); потерь пакетов не зафиксировано, среднее время задержки прохождения пакетов – 7 мс, максимальное зафиксированное значение – 34 мс;
- при воздействии линейных ускорений до 40 м/с² и угловой скорости до 1,6 рад/с на систему охлаждения расположенной в кабине ЦФ-18 графической станции, температура центрального процессора не менялась более, чем на 5 %, ядра видеоакселератора – не превышала 78 °С и не более, чем на 20 °С отличалась от температуры в неподвижном состоянии, а скорость вращения вентилятора менялась в пределах 20 % от начальной;
- при скоростях изменения направления гравитоинерциального вектора до 0,3 рад/с положение кабины соответствует визуализации с задержкой (менее 200 мс), приемлемой для динамической имитации движения лунного транспортного средства: результат получен при установленных в целях безопасности ограничениях (1 рад/с) на скорость исполнительных механизмов;
- оборудование (портативная графическая станция – ноутбук с видеокартой nVidia GTX1070 и шлем виртуальной реальности TotalVision VR4) исправно работало в кабине на всем протяжении испытаний при длительных ускорениях до 40 м/с².

Выводы:

- доказана техническая возможность создания на базе центрифуги ЦФ-18 тренажера управления маломаневренным транспортным средством;
- доказана техническая возможность адаптации тренажеров с n-степенных платформ опорного типа к системе подвижности центрифуги с управляемым кардановым подвесом;
- доказана техническая возможность увеличения пропускной способности и снижения задержек канала передачи данных, а также повышения быст-

родействия системы подвижности для улучшения динамической имитации и расширения применимости ЦФ-18 для создания тренажеров по управлению транспортными средствами.

Литература

- [1] Высадка первого россиянина на Луну намечена на 2031 год. URL: <https://tass.ru/kosmos/3784256> (дата обращения 03.09.2019)
- [2] Экспериментальные исследования по оценке выполнения космонавтами сложной операторской деятельности после длительного космического полета на МКС в интересах осуществления полетов в дальний космос. С.К. Крикалёв, Б.И. Крючков, М.М. Харламов, О.В. Новицкий, Е.И. Тарелкин, А.А. Курицын, П.П. Долгов, В.И. Почуев, И.Г. Сохин, Г.Д. Орешкин, В.А. Копнин, В.Н. Алексеев, В.Н. Киршанов, Н.А. Бачмановский, А.С. Кондратьев, Н.Р. Жамалетдинов, А.В. Васильев. – Пилотируемые полеты в космос. 2013. – № 4(9). – С. 24–35.
- [3] Математические задачи динамической имитации аэрокосмических полетов. В.В. Александров, Л.И. Воронин, Ю.Н. Глазков, А.Ю. Ишлинский, В.А. Садовничий; под ред. В.А. Садовничего. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 66–68.
- [4] Исследовательский стенд Desdemona. Владимир Бирюков. – Форум. 2018. – № 1(21). – С. 26–27.
- [5] Моделирование сенсорного конфликта в невесомости. В.А. Садовничий, В.В. Александров, С.С. Лемак, С.С. Поздняков. – Фундаментальная и прикладная математика, том 11 2005. – № 8. – С. 167–169.

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРНЫХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ НА ПРИМЕРЕ ПОДГОТОВКИ К ДЕЙСТВИЯМ ПРИ ПОСАДКЕ НА ВОДНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Бугрий Г.С.
(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

Одним из видов подготовки космонавтов является подготовка к действиям в случае вынужденной посадки возвращаемого аппарата на водную поверхность. Такие тренировки проводятся в реальных условиях на море при уровне волнения 1–3 балла. Процесс организации и проведения морских тренировок требует большого расхода временных и финансовых ресурсов, в частности, для обеспечения обязательного требования безопасности назначается тренировочная бригада специалистов.

Перспективным направлением совершенствования процесса подготовки космонавтов является создание современных средств и методов, моделирующих условия нештатных ситуаций в наземных условиях. Предлагается расширение возможностей подготовки экипажа путем использования динамических стендов, позволяющих имитировать действия сил, воздействующих на

космонавтов, находящихся внутри корабля. Примером использования может быть сквозное моделирование космического полета на центрифуге ЦФ-18 с имитацией движения после аварийного приводнения.

В докладе описан цикл разработки динамического тренажера: смоделировано движение возвращаемого аппарата под воздействием волн, описан алгоритм динамической имитации ориентации вектора перегрузки, рассмотрена реализация имитации на примере платформы опорного типа и центрифуги с кабиной в кардановом подвесе ЦФ-18, показаны ограничения традиционно используемых алгоритмов управления динамическими стендами, предложены методы, повышающие качество управления.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕНТРИФУГ

Киришанов В.Н., Гаврик И.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)
Гришин А.С.
(АО «НПО имени С.А. Лавочкина», г. Химки)

Центрифуги сегодня – это сложные электромеханические устройства. История их использования в различных областях человеческой деятельности насчитывает уже около 250 лет [1].

В настоящее время устройства, подпадающие под определение центрифуги, широко применяются в различных областях научной и инженерно-технической деятельности современного технократического общества. Центрифуги используются в медицине, химической, атомной и деревообрабатывающей промышленности, авиационной и космической отраслях [2, 3, 4]. В быту используются всем известные, центрифужного типа, стиральные машины. Развлекательно-парковая индустрия также активно использует в своей деятельности аттракционы центробежного типа – это различного рода карусели, а также имитаторы с двумя и более степенями свободы, позволяющие моделировать полет летательных аппаратов и ведение, например воздушного боя или выполнение пилотажных фигур, которые в совокупности с современными средствами визуализации приближают такие имитаторы к современным динамическим тренажным средствам.

В двадцатом веке при бурном развитии авиации и космонавтики и, как следствие авиационно-космической медицины, на базе центрифуг создаются различные динамические тренажеры, что в свою очередь предполагает идентифицировать центрифуги и как динамические пилотажные стенды для исследований и как специализированные тренажеры.

Таким образом, центрифуги можно классифицировать по назначению, по конструктивно-техническому исполнению, по габаритно-массовым и динамическим характеристикам, по количеству степеней свободы, по типу силовых электроприводов.

В докладе рассматривается предложение по классификации центрифуг. Цель классификации ее – использование в дальнейшем при разработке технических требований на проектирование и создание новых центрифуг. Это в свою очередь представляет интерес при формировании облика, например, с одной стороны центрифуг для физиологических исследований и контроля состояния человека (авиационная, космическая и спортивная медицина), а с другой стороны центрифуг для исследований и испытаний технических устройств (авиационного, ракетно-космического и др. оборудования и систем или изделий в целом). Предлагается разделить парк существующих центрифуг на несколько классов (с учетом характерных особенностей конструкции и нормативных документов их использования). Предлагаемая классификация сопровождается фактическими примерами, построенными на базе отечественных и зарубежных центрифуг, известных по материалам открытой печати [2, 3].

Литература

- [1] Исторический анализ использования (применения) центрифуг. Котовская А.Р., ГНЦ РФ–ИМБП РАН г. Москва. Материалы 1-го Научно-технического семинара по проблемам эксплуатации центрифуг, Звездный городок, 2004. – С. 3–4.
- [2] Центрифуги России, история создания и использования при подготовке космонавтов. Киршанов В.Н. Материалы XII Международной научно-практической конференции 24–26 октября 2017 г., Звездный городок, 2017. – С. 179–180.
- [3] Опыт использования комплекса центробежных стендов в НПО им. С.А. Лавочкина. М.И. Леднев, С.А. Гришин, Е.О. Четвериков, С.В. Быковский. (ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина») в журнале: Пилотируемые полеты в космос № 2(11). – 2014. – С. 61–66.
- [4] J. Gotzlinger, Consulting Dept., Mechanical Designs, E. Helsing, Industrial Engineering Dept., Special Plant Section, Reprint from ASEA journal 28 (1955). – № 5–6. (Дж. Гетцлингер, Э. Хельсинг «Центрифуга для вращения человека»)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВРАЩЕНИЙ НА ЦЕНТРИФУГЕ ЦФ-7

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

Центрифуга ЦФ-7, а также тренажеры, созданные на ее базе, как всякие динамические машины, являются объектами повышенной опасности. Опасность заключается в том, что, во-первых, центрифуга является динамическим

стендом, в кабинах которой создается перегрузка, достигающая по модулю 20 g, во-вторых, в составе центрифуги имеется оборудование, работающее под высоким электрическим напряжением, в-третьих, на всех этапах работ, проводимых на центрифуге (тренажерах), важную роль играет человеческий фактор. Как проведение вращений, так и эксплуатация оборудования требует повышенного внимания всего персонала на технических постах, врача (медицинского персонала) и инструктора, а также космонавта (испытателя), находящегося в кабине центрифуги (тренажера).

Учитывая тот факт, что динамические тренажеры являются объектами повышенной опасности, решение проблемы безопасности на центрифуге ЦФ-7 и тренажерах, созданных на ее базе, ведется по следующим направлениям:

- совершенствование системы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта центрифуг (тренажеров);
- проведение тренировок и отработка мероприятий с инженерно-техническим персоналом на случай возникновения нештатных ситуаций;
- разработка мероприятий под создаваемые на центрифугах тренажеры по обеспечению безопасности, отражающие специфические особенности конкретного тренажера;
- совершенствование эксплуатационно-технических документов и документов по обеспечению безопасности на ЦФ и тренажерах.

Для обеспечения готовности центрифуги ЦФ-7 и динамических тренажеров на ее базе к вращением с космонавтом (испытателем) назначается испытательно-тренировочная бригада (ИТБ). Все члены ИТБ в период проведения вращений находятся на технологических постах.

Из числа членов ИТБ назначается аварийно-спасательная команда (АСК). Основная задача АСК – при возникновении нештатной ситуации обеспечить безопасность испытателя. Алгоритм действий членов АСК прописан в разработанных инструкциях и Руководствах. Руководит действиями АСК главный оператор ЦФ-7.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В КАБИНЕ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦЕНТРИФУГИ ЦФ-18

Булгаков А.В., Белявцев С.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В рамках планируемых перспективных пилотируемых космических полетов к Луне и Марсу, одной из задач является отработка экипажем этапа перемещения по лунной поверхности на различных транспортных средствах.

Для реализации данной задачи необходимо исследовать возможность применения средств виртуальной реальности для моделирования на центрифуге управления луноходом при его перемещении по поверхности Луны.

Техническая реализация технологии VR-симуляции в кабине центрифуги ЦФ-18 проводилась в рамках сотрудничества с МГУ имени М.В. Ломоносова. Для проведения экспериментов, лабораторией математического обеспечения имитационных динамических систем (МОИДС) было предоставлено ЦПК оборудование системы виртуальной реальности на базе серийной портативной графической станции с видеокартой nVidia 1070, шлем виртуальной реальности TotalVision VR4, манипулятор типа «джойстик» и отдельный модуль – инерциально-навигационная система. Использованное программное обеспечение «лунохода» – аналог программного обеспечения, используемого в МГУ на динамическом стенде «лунный ровер» с виртуальной реальностью.

Работоспособность оборудования системы виртуальной реальности, расположенного в кабине центрифуги, проверялась при воздействии перегрузок и сил Кориолиса, путем мониторинга температурного режима портативной графической станции и визуального контроля работы программы «лунохода» на предмет троттлинга. Испытания проводились при радиальных перегрузках до 4.0 единиц различного направления.

В результате исследований определено, что оборудование системы виртуальной реальности сохраняет работоспособность при воздействии радиальных перегрузок до 4 единиц, температурные режимы работы центрального процессора и графического процессора не превышают допустимого значения, заявленного производителем [1, 2]. Результат проведенных испытаний показывает возможность применения технических средств виртуальной реальности в кабине центрифуги ЦФ-18 для имитации управления луноходом при моделируемом движении по поверхности Луны, а также возможность применение аналогичного оборудования для выполнения других перспективных задач с использованием центрифуги с 3-х степенным управляемым кардановым подвесом [3].

Литература

- [1] <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/products/processors/core/i7-processors/i7-7700hq.html>
- [2] <https://www.nvidia.com/ru-ru/geforce/products/10series/geforce-gtx-1070/>
- [3] Перспективные задачи целевого применения центрифуг для проведения исследований и подготовки космонавтов. Долгов П.П., Киршанов В.Н., Чудинов А.П. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2017. – С. 161–162

ПРИМЕНЕНИЕ «БОРТОВОГО» КОМПЬЮТЕРА В КАБИНЕ ЦЕНТРИФУГИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ НА ЦЕНТРИФУГАХ

Беляев Д.А, Гаврик И.Н
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В настоящее время информационное обеспечение и техническое оснащение рабочих мест испытателя в кабинах центрифуг ЦФ-18 и ЦФ-7 при проведении таких видов подготовки космонавтов, как комплексное физиологическое обследование (КФО), врачебно-летная комиссия (ВЛК), ознакомительные тренировки по графикам выведения ТК «Союз» на орбиту ИСЗ и спуска с орбиты, по сути, остается таким же, каким оно было 35–40 лет назад. Основным инструментом для тестирования работоспособности космонавта (испытателя), находящегося в кресле-трансформере, при воздействии перегрузки является офтальмологическая дуга, позволяющая испытателю контролировать поле зрения, а медицинскому персоналу проверять скорость реакции и остроту зрения испытателя. Информацию о величине перегрузки, скорости ее изменения, интересующем интервале времени от начала эксперимента или до его окончания испытатель имеет только в виде речевых сообщений по системе аудио связи от врача, проводящего исследование (тренировку). Логично предполагать, что этой информации не всегда достаточно для достижения максимального эффекта от тренировки. Кроме того, оценка функционального состояния испытателя может быть зависимой от субъективных действий врача-исследователя.

С целью улучшения условий проведения тренировок на центрифугах предлагается способ, позволяющий предоставлять разнообразную информацию космонавту (испытателю) во время исследований и тренировок в кабине центрифуги на качественно новом уровне при минимальных финансовых затратах. Для этого необходимо оснастить кабины центрифуг «бортовыми» компьютерами. Для этих целей подходят, рассчитанные на работу при перегрузке 10 единиц, имеющиеся в наличии промышленные компьютеры на платформе Compaq PCI, ранее использовавшиеся в качестве УСО в динамических тренажерах управляемого спуска ТК «Союз», а также промышленный монитор с размером экрана 17".

В докладе приведены обоснования мест размещения и крепления в кабине ЦФ-18 компьютера и монитора, предложена схема подключения питания и соединений компьютера, монитора и используемых манипуляторов. Предлагаются технология и протоколы обмена данными между «бортовым» компьютером и контроллером системы управления центрифугой, а также платформы для создания прикладного ПО.

Наличие компьютера в кабине центрифуги, укомплектованного мультимедийными средствами и связанного с контроллером системы управления центрифугой позволит:

- автоматически давать речевую и звуковую информацию, необходимую космонавту (испытателю) в процессе тренировки;
- предоставлять космонавту визуальную и графическую информацию по теме тренировки, а также циклограммы, что особенно важно при ознакомительных тренировках по графикам выведения и спуска ТК «Союз»;
- выдавать подсказки космонавту о степени мышечного напряжения посредством звуковых и цветовых сигналов;
- разрабатывать и применять новые методики исследований и тренировок с применением моделей процессов и интерактивным участием испытуемых в процессе тренировки.

Перечисленные факторы способствуют правильному формированию навыков работы операторов в условиях воздействия перегрузки.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРИФУГОЙ ПРИ СОЗДАНИИ СТЕНДА С ТЕХНОЛОГИЕЙ VR

Булгаков А.В., Гаврик И.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

При создании на базе центрифуги ЦФ-18 прототипа стенда с использованием технологии VR, во время проверки работоспособности с подвижным кардановым подвесом центрифуги, тремя испытателями была оценена синхронность движений изображения окружающей обстановки в ШВР и создаваемых подвижным основанием ускорений, воздействующих на органы чувств тренирующегося. Были отмечены заметные запаздывания движений основания стенда от движений изображения, что вызывало дискомфорт у испытуемых. Необходим анализ причин асинхронности и принятие мер по ее минимизации. Для этого во время проведения экспериментов была произведена регистрация переменных из системы управления центрифугой и проведен анализ сигналов.

В докладе представлены структурная схема стенда и характеристики зарегистрированных сигналов. В указанных экспериментах на систему подвижности центрифуги из модели «лунохода» подавались нормированные по модулю равном $|1|$ значения проекций вектора линейных перегрузок p_x , p_y , p_z . Выявлено, что причинами запаздывания реакций электроприводов карданового подвеса на входные сигналы, выданные алгоритмом подвижности являются:

- установленные ограничения угловых ускорений – 30 град/с^2 и угловых скоростей – 30 град/с для движений кабины и кольца;
- значительный для данных сигналов такт передачи данных по каналу Ethernet UDP – 110 мс;
- значительный, 50 мс, такт считывания по протоколу Profibus DP в системе регулирования положений кабины, кольца и вилки данных от датчиков угловых положений.

Методом математического моделирования выполнен прогноз уменьшения запаздываний реакций электроприводов при увеличении максимальных значений угловых скоростей и ускорений кабины и кольца ЦФ, а также вычислены и представлены программные значения для моделирования в реальном времени вектора перегрузки, модуль которого превышает $|1|$.

ОСНОВНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ЛУННЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЦЕНТРИФУГАХ

**Долгов П.П., Гаврик И.Н., Иродов Е.Ю.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В соответствии с принятой «Концепцией ...» [1] исследование и освоение Луны будет осуществлено в период с 2021 до 2040 года в 3 этапа. Пилотируемые полеты будут осуществлены на 2 этапе. На 2029 год запланирован пилотируемый полет корабля «Федерация» на окололунную орбиту (к станции), испытательный полет лунного взлетно-посадочного комплекса (ЛВПК), стыковка с пилотируемым кораблем (станцией), посадка ЛВПК без экипажа. На 2031 год запланирован пилотируемый полет, высадка на Луну экипажа из 3 космонавтов с 14-суточной миссией.

Для реализации этих планов необходимо начинать работы по подготовке космонавтов к выполнению задач планируемых полетов. Часть задач по подготовке космонавтов к выполнению лунных миссий можно будет выполнить на центрифугах Центра – ЦФ-7 и ЦФ-18. По аналогии с задачами подготовки к полетам на околоземные орбиты это будут задачи моделирования динамических этапов полета и деятельности космонавтов по управлению космическими аппаратами [2].

Основными динамическими этапами пилотируемого транспортного корабля (ПТК) при выполнении лунных экспедиций являются [3]:

1. Старт с Земли и выход на околоземную орбиту. Выведение осуществляется с перегрузками не выше 4 единиц. В случае аварии ракеты на этапе старта, перегрузка при срабатывании систем аварийного спасения не более 12 единиц.

2. Перелет с околоземной орбиты на орбиту искусственного спутника Луны. Перелет осуществляется двумя импульсами:

- отлетным в окрестности Земли;
- тормозным в окрестности Луны.

Величина перегрузки при осуществлении импульсов перехода не превышает 0,5 g.

3. Маневрирование на орбите и стыковка с лунной орбитальной станцией требует выдачи импульсов для фазирования орбит, для сближения и стыковки. Величина перегрузки при осуществлении маневров будет составлять до 0,3 g. Время действия перегрузок до 10 с.

4. Расстыковка с лунной орбитальной станцией. Автономный полет. Величины перегрузок аналогичны этапу 3.

5. Перелет с орбиты искусственного спутника Луны до входа в атмосферу Земли. Схема возвращения к Земле с орбиты искусственного спутника Луны включает в себя три импульса:

- первый разгонный импульс;
- импульс, поворачивающий плоскость движения корабля;
- второй разгонный импульс.

6. Спуск возвращаемого аппарата ПТК при возвращении от Луны возможен по траекториям с одним и с двумя погружением в плотные слои атмосферы. Вид траектории входа в атмосферу определяется требуемой дальностью посадки от точки входа. На этапе спуска обеспечивается квазистатическое ускорение до 3 g.

Другим аппаратом, используемым в лунной программе, является ЛВПК, основными задачами которого является доставка космонавтов с окололунной орбиты на поверхность Луны и обратно. Основными динамическими этапами полета данного комплекса являются:

1. Спуск на поверхность Луны.

2. Старт с Луны, выход на окололунную орбиту, стыковка с лунной орбитальной станцией. Перегрузки на старте до 0,5 g. Продолжительность этапа до 2 часов.

В процессе лунной экспедиции экипаж будет действовать на Луне в условиях пониженной, по сравнению с земной, гравитации. Динамические эффекты от вращения центрифуг, как это показано в [4], могут быть использованы для имитации условий пониженной весомости, действующей на поверхности Луны.

Анализ потенциальных возможностей центрифуг Центра показал возможность моделирования всех динамических этапов полета лунной экспедиции.

Литература

- [1] Российская лунная программа. Материалы Википедии: [электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>. (дата обращения: 18.07.2019).
- [2] Основные направления работ на центрифугах и их целевого применения. Долгов П.П., Киршанов В.Н., Чудинов А.П. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XI Международной научно-практической конференции. 2015. – С. 267–268.
- [3] К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны. Е.Ю. Иродов, П.П. Долгов, В.С. Коренной, Б.И. Крючков, В.И. Ярополов. Пилотируемые полеты в космос. 2018. – № 1(26). – С. 71–89. «+1»
- [4] Методология и результаты моделирования гравитации Луны и Марса на короткорADIUSной центрифуге. Акулов В.А., Макаров И.В., Акулов С.А., Балакин В.Л. Пилотируемые полеты в космос. 2016. – № 4(21). – С. 92–102.

ТЕСТИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ КАБИНЫ ЦФ-18 С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Белявцев С.Н., Булгаков А.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Одной из главных задач, решаемых при создании тренажных средств с применением технологий виртуальной реальности на базе подвижной платформы, является сопряжение динамической и визуальной систем. Важно добиться наименьших задержек при отработке приводами платформы пространственного положения, задаваемого опорными сигналами виртуальной среды. В противном случае рассогласование между получаемой зрительной и вестибулярной информацией приводит к сенсорному конфликту и служит источником неприятных ощущений оператора, что в конечном итоге, перечеркивает положительный эффект виртуализации.

Таким образом, важной технической задачей становится обеспечение стабильной и качественной связи между системой управления подвижной платформы и системой VR.

В ходе эксперимента по изучению возможности создания стенда виртуальной реальности на базе центрифуги ЦФ-18, используемой в качестве подвижной платформы, было рассмотрено несколько возможных вариантов размещения оборудования виртуальной реальности, предполагающих использование различных каналов связи. Практическим путем установлено, что оптимальным вариантом, исходя из текущих возможностей, является использование существующего проводного канала связи между кабиной и шкафом контроллера системы управления центрифуги. Проверка данного канала осуществлялась сначала в тестовых режимом, с применением специализированного про-

граммного обеспечения, а затем в рабочем режиме, с задействованием всех вспомогательных движений, управляемых опорными сигналами от системы ВР.

Анализ полученных результатов показал, что в одном из тестовых режимов, где было задействовано наибольшее количество вращающихся соединений канала связи, скорость чтения данных была незначительно ниже, чем на других режимах. Также в этом режиме было потеряно 2 % данных. Однозначно объяснить, чем это обусловлено нельзя из-за недостатка статистической информации. В целом, исходя из того, что в рабочем режиме не требуется передавать большие объемы данных, пропускная способность канала связи удовлетворяет требуемым характеристикам. Время приема-передачи также многократно превосходит требуемую, обусловленную тактом управления системы. Эксперимент показал, что существующий канал связи достаточно надежен для реализации динамического тренажера на базе центрифуги с применением технологий виртуальной реальности.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПИЛОТИРУЕМОГО РКК «АЛМАЗ» (ПО КНИГЕ «ОГРАНКА «АЛМАЗОВ»)

**Смиричевский Л.Д., Поляченко В.А., Дектярев А.О.
(АО «ВПК «НПО машиностроения, г. Реутов)**

30 июня 2019 года исполнилось 105 лет со дня рождения гениального конструктора авиационной и ракетно-космической техники, академика, дважды Героя социалистического труда, лауреата Ленинской и трех Государственных премий, кавалера 5-ти орденов Ленина Владимира Николаевича Челомея. А 19 сентября этого года АО «ВПК «НПО машиностроения», созданное В.Н. Челомеем, отмечало 75-летие со дня образования.

Все разработки ОКБ В.Н. Челомея были связаны, в основном, с укреплением обороноспособности нашей страны. Это целый ряд крылатых ракет, которыми оснащен Военно-Морской Флот, МБР, находящиеся до сих пор на боевом дежурстве, а также различные космические аппараты и системы.

Особое место в этом большом ряду уникальной техники занимает пилотируемый ракетно-космический комплекс «Алмаз», предназначенный для ведения глобального наблюдения из космоса за наиболее важными и малоразмерными объектами на Земле с участием космонавтов-операторов.

В основу доклада положены материалы вновь изданной книги «Огранка «Алмазов» [1]. Книга была написана на базе грандиозной работы авторов по изучению бесценных архивных материалов, их рассекречиванию и использованию, а также личных воспоминаний участников работ по этой теме.

В докладе описываются предпосылки создания РКК «Алмаз». Большое внимание уделяется процессу проектирования как орбитальной пилотируемой станции (ОПС), так и всего комплекса в целом в составе ОПС, транспортного корабля снабжения (ТКС) и возвращаемого аппарата (ВА). Разработка проекта тяжелой ОПС базировалась на использовании созданной ОКБ-52 ракеты-носителя УР-500К, способной вывести на околоземную орбиту полезную нагрузку массой около 20 тонн. Это позволило разместить в габаритах станции уникальный комплекс специальной и обеспечивающей аппаратуры, создать комфортные условия для работы и отдыха экипажа.

Отдельная часть книги представляет читателю историю разработки транспортного корабля снабжения (ТКС) комплекса «Алмаз». Будучи выведенным на орбиту ракетой-носителем УР-500К, он мог доставить на станцию более 12 тонн полезного груза, включая возвращаемый аппарат (ВА) с тремя членами экипажа. Масса груза, доставляемая непосредственно на станцию (до восьми капсул с информацией, расходующие материалы, топливо), составляла 5 тонн. Проведенные летные испытания ТКС с ВА (в беспилотном варианте) подтвердили правильность принятых проектных и конструкторских решений при его создании.

Широко представлены состав и особенности ОПС, ТКС и ВА РКК «Алмаз». Ряд использованных при разработке комплекса проектных и конструкторских решений не имеют аналогов в мире. Например, использование новой технологии нанесения теплозащиты ВА, благодаря чему он был многогранным. Или проектное решение по выполнению люка в ВА для перехода в орбитальный отсек в самом теплонапряженном месте – теплозащитном днище. В орбитальной станции для визуального наблюдения объектов на земной поверхности использовался оптический визир ОД-5, а для фотографирования – длиннофокусный фотоаппарат «Агат-1». С целью экономии топлива стабилизация станции и ее развороты по крену осуществлялись с помощью электромеханической системы стабилизации (ЭМСС) и поворота (ЭМСП). Впервые с орбиты Земли спускалась капсула со снятыми фото-видео-аудио-материалами. Для обороны станции использовалась система «Щит-1», в которую входила пушка. И многие другие технические решения были применены впервые в мире.

Большое внимание было уделено отработке комплекса и его систем. Был проведен большой объем различных стендовых (теплопрочностные, вибрационные, вакуумные, бросковые и др.) и летных испытаний.

С участием испытателей и космонавтов был проведен ряд испытаний и экспериментов, которые подробно освещены в докладе. Например, многосуточные испытания в сурдокамере ГНИИИА и КМ и в ТБК ЦНИИ-30, в мо-

делированной невесомости в гидробассейне и на летающих лабораториях, а также в лабораторных условиях.

В материалах доклада уделено большое внимание подготовке космонавтов ЦПК и ЦКБМ, а также реальным полетам ОПС «Алмаз» под названием «Салют-3» и «Салют-5», на борту которых работали экипажи П.Р. Попович – Ю.П. Артюхин, Б.В. Волинов – В.М. Жолобов и В.В. Горбатко – Ю.Н. Глазков. А также полетам экипажей Сарафанова – Демина и Зудова – Рождественского, не состыковавшихся с орбитальной станцией в силу отказа системы стыковки «Игла».

Впервые в практике отечественной и мировой космонавтики при отработках бортовых систем и в процессе полетов орбитальных станций использовался наземный «Аналог» станции. До того как выполнять те или иные сложные операции на станции они проигрывались на «Аналоге» космонавтами, испытателями и специалистами ЦКБМ, после чего инструкция по их выполнению сообщалась на борт. Аналог использовался также для подготовки экипажей к предстоящему полету.

Целая часть книги посвящена истории разработки автоматических всепогодных станций комплексной разведки «Алмаз-Т», работавших на орбите под названием «Космос-1870» (1987–1989 годы) и «Алмаз-1» (1991–1992 годы).

Показана преемственность разработок по «Алмазу» во многих последующих станциях серий «Салют», «Мир» и «МКС».

Литература

[1] «Огранка «Алмазов». АО «ВПК «НПО машиностроения», Издательская группа «Изопроект», Москва, 2019.

[2] Л.Д. Смирчевский. «Откровенно о сокровенном». ОАО «ВПК «НПО машиностроения», Реутов, 2011.

[3] В.А. Поляченко. На море и в космосе.-СПб.: «МОРСАР АВ», 2008.

СОЗДАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦЕНТРИФУГ В НПО ЛАВОЧКИНА

Быковский С.В., Гришин С.А., Лошаков В.А., Маркачёв Н.А.
(АО «НПО имени С.А. Лавочкина»)

АО «НПО имени С.А.Лавочкина» является одним из ведущих предприятий аэрокосмической отрасли России по созданию космической техники.

Основным направлением деятельности предприятия являются: разработка, изготовление, отработка и запуск космических аппаратов (КА) различного назначения, начиная с КА для дистанционного зондирования и метеорологи-

ческого мониторинга Земли и кончая КА для фундаментальных и прикладных научных исследований в ближнем и дальнем космосе, а также постоянная модификация и адаптация к различным полезным нагрузкам и носителям разгонного блока «Фрегат».

Наземная отработка КА является одним из основных компонентов в процессе создания космической техники, в ходе которой подтверждаются все технические характеристики аппарата, определенные техническим заданием на КА [2].

Для реализации этапа наземной отработки конструкций КА в НПО на протяжении многих лет, в соответствии с развитием тематики предприятия и возникновением новых задач, создавалась лабораторная и экспериментальная база, частью которой является отдел прочностных испытаний, имеющий в своем составе парк центрифуг (стендов ускорений – СУ-267, СУ-45, СУ-268) с различными характеристиками и грузоподъемностью.

Основными задачами стендов ускорений являются:

- воспроизведение или имитация внешних воздействий при эксплуатации КА с максимально возможным приближением к штатным условиям;
- проверка работоспособности радиотехнических, электрических и электронных аппаратурных систем при воздействии инерционных нагрузок на конструкции КА при квазистатических испытаниях;
- обеспечение измерений с необходимой точностью, как внешних воздействий, так и технических характеристик испытываемых образцов КА (начиная с отдельных узлов, агрегатов, систем, установок и кончая полноразмерными экспериментальными и штатными конструкциями КА).

В необходимых случаях измерение технических характеристик производится с одновременным приложением внешних возмущений, характер и величина которых определяются назначением КА, типом ракеты-носителя, циклограммой полета и другими факторами [1].

Становление экспериментальной стендовой базы НПО им. С.А. Лавочкина (НПОЛ) относится ко второй половине 60-х годов XX века, когда перед НПОЛ была поставлена задача по проектированию и изготовлению автоматических космических аппаратов (АКА). За время существования экспериментальной базы НПОЛ был создан и внедрен целый комплекс центробежных стендов (центрифуг для технических исследований и испытаний), позволяющий выполнять самый широкий спектр экспериментальных работ [3].

За прошедшее с момента создания центрифуг время, все они прошли через ряд усовершенствований, входящего в их состав оборудования, в соответствии с поставленными перед отделом испытаний задачами по отработке прочности конструкций КА [4,5,6,7].

В настоящее время комплекс центробежных стендов является одной из основных частей испытательной базы АО «НПО имени С.А. Лавочкина».

Литература

- [1] Афанасьев В.А., Барсуков В.С., Захаров Ю.В. Испытания летательных аппаратов при воздействии линейных инерционных нагрузок. М.: МАИ, 1989. – 68 с.
- [2] Космический полет НПО им. С.А. Лавочкина / Под общ. ред. доктора техн. наук, проф. К.М. Пичхадзе и доктора техн. наук, проф. В.В. Ефанова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МАИ-ПРИНТ, 2010. – С. 253–258.
- [3] Гришин С.А., Захаров Ю.В., Маркачёв Н.А. Опыт использования центробежных установок для наземной отработки автоматических космических аппаратов, Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2012. – № 2. С. 44–51
- [4] Статья «Достойный ответ вызовам времени», С. Гришин, газета «Новатор» № 3 (1913), Химки, НПОЛ, апрель 2012 г.
- [5] Статья «Экспериментальная база для прочностных и кинематических испытаний: прошлое, настоящее, будущее», М. Леднёв, В. Лошаков, Д. Михайлов, газета «Новатор» № 7, № 8 (1939, 1940) Химки, НПОЛ, сентябрь-октябрь 2014 г.
- [6] Статья «Центрифуге заменили «мозги», С. Гришин, газета «Новатор» № 4 (1972), Химки, НПОЛ, апрель 2017 г.
- [7] Статья «Рабочая лошадка» отдела прочностных испытаний», С. Гришин, газета «Новатор» № 10 (1990), Химки, НПОЛ, октябрь 2018 г.

СЕКЦИЯ 6

ВНЕКОРАБЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ВНЕКОРАБЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Алтунин А.А., Верба Д.И., Онуфриенко Ю.И.
(ФБГУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Внекорабельная деятельность (ВКД) является одним из важнейших элементов профессиональной деятельности космонавтов на борту пилотируемых космических аппаратов. Наибольшее значение технологии ВКД получили в связи с развитием долговременных орбитальных станций (ДОС) типа «Салют», орбитальных станций «Скайлэб», «Мир», МКС, а также многоразовых транспортных космических кораблей типа «Шаттл» [1].

Рассмотрены вопросы организации и проведения выходов в открытый космос. Каждый выход требует проведения специальных испытаний направленных на отработку циклограммы выполнения операций и технических средств ВКД, а также программ подготовки экипажей. Для качественного выполнения испытательно-тренировочных работ необходимо постоянное поддержание в работоспособном состоянии и модернизация ТСПК к ВКД. Создание новых перспективных средств подготовки космонавтов и отработки операций ВКД требует объединения усилий организаций отрасли, что позволит наиболее эффективно использовать имеющиеся научно-технические заделы и государственное финансирование. Особая актуальность проведения совместных проектов возникнет при проведении работ по Лунным и Марсианским программам [2].

Особенностями выполнения ВКД на современном этапе являются частые изменения программ выходов после завершения подготовки в ЦПК имени Ю.А. Гагарина, что приводит к возрастанию роли бортовой подготовки и подготовки космонавтов непосредственно перед стартом на космодроме. Управление ВКД группой ГОГУ так же оказывает большое влияние на результаты ВКД и безопасность экипажа.

Перспективным направлением в совершенствовании подходов к проведению подготовки экипажей, планированию деятельности космонавтов и персонала представляется использование компьютерного моделирования [3]. Предстоящее в ближайшее время внедрение программного обеспечения информационной поддержки ВКД в подготовку космонавтов и работу ЦУПа потребует объединения усилий практически всех специалистов, занимающихся ВКД.

Рассмотрено влияние робототехники на повышение эффективности и развития ВКД. С ожидаемым стартом в 2020 году нового российского модуля МЛМ-У на нашем сегменте должен появиться бортовой манипулятор ERA. Его применение в процессе ВКД станет новым серьезным шагом в развитии РС МКС. В докладе рассмотрены и другие направления РТС [4, 5].

Дальнейшее развитие ВКД невозможно без работы над перспективными скафандрами и средствами шлюзования и обеспечения выхода. В докладе проанализированы исследования, проводимые американскими коллегами в данном направлении, и выдвинуты предложения по направлениям развития отечественных систем обеспечения ВКД [6].

Литература

- [1] Анализ основных результатов внекорабельной деятельности экипажей МКС. Крючков Б.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Ярополов В.И., Усов В.М., Иродов Е.Ю., Верба Д.И., Коренной В.С. Пилотируемые полеты в космос. 2017. – № 1(22). – С. 56–67.
- [2] Особенности подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне. Онуфриенко Ю.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2017. – С. 215–217.
- [3] Направления применения компьютерного моделирования при подготовке космонавтов к ВКД. Онуфриенко Ю.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Жамалетдинов Н.Р., Коренной В.С. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2017. – С. 219–221
- [4] Подход к построению робототехнических систем для работы в космосе. Падалка Г.И., Долгов П.П., Алтунин А.А. Пилотируемые полеты в космос. 2013. – № 4(9). – С. 92–94.
- [5] Подход к обоснованию задач робототехнических систем для работы в открытом космосе. Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. Пилотируемые полеты в космос. 2015. – № 3(16). – С. 35–42.
- [6] Лунный скафандр и средства обеспечения «Выхода» на поверхность Луны. Алтунин А.А. Жамалетдинов Н.Р. Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского Часть 1 . Калуга, 2019. – С. 360–362.

МЕТОДИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ПРОВЕДЕНИЮ ВКД-45А (ИНСПЕКЦИЯ ОТВЕРСТИЯ В БЫТОВОМ ОТСЕКЕ ТПК «СОЮЗ МС-09»)

**Тарасов И.Ю., Панин А.А., Толмачев Р.А., Гордеев А.Г.
(ФБГУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

За всю историю внекорабельной деятельности (ВКД) на российском сегменте МКС «выходы» на поверхность транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз» проводились дважды. Оба раза ВКД на внешней поверхности ТПК носила нештатный характер. Так 10 июля 2008 года состоялся внеплановый «выход» (ВКД-20а), основной задачей которого являлось проведение осмотра и механической расстыковки замка между спускаемым аппаратом и

приборно-агрегатным отсеком (ПАО) путем демонтажа одного из разрывных болтов. Экипаж, выполнявший ВКД, – С. Волков и О. Кононенко. Второй «выход» на поверхность ТПК проведен 11 декабря 2018 года экипажем в составе космонавтов О. Кононенко и С. Прокопьева. Главной целевой задачей ВКД-45а являлась инспекция отверстия на внешней поверхности бытового отсека (БО).

Напомню, в конце августа на Международной космической станции обнаружена утечка воздуха, причиной которой послужило отверстие в БО ТПК «Союз МС-09». Для выяснения причин появления отверстия принято решение о проведении ВКД-45а с целью инспекции отверстия со взятием проб.

Методика подготовки к ВКД [1] подразумевает проведение специальных испытаний средств ВКД в условиях гидросреды специалистами ЦПК и РКК «Энергия», и последующее проведение одной тренировки в гидросреде в легководолазном снаряжении и трех тренировок в скафандрах «Орлан-ГН» с основным и дублирующим экипажами. Ввиду неготовности гидролаборатории к проведению тренировок в условиях гидроневесомости, а также отсутствием полноразмерного макета бытового отсека (БО) ТПК необходимо было изыскать иные методы подготовки.

В докладе представлены способы решения задачи подготовки космонавтов к ВКД-45а с учетом конъюнктуры.

Литература

[1] Основные задачи подготовки и результаты деятельности экипажа МКС-56/57 при выполнении программы космического полета. С.В. Прокопьев. // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(31). – 2019. – С. 5–18.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ МАКЕТ ГРУЗОВОЙ СТРЕЛЫ ГСтМ С ЭФФЕКТОМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Теренько Г.А., Чуланов А.О.

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Интерактивный макет грузовой стрелы ГСтМ с эффектом дополненной реальности обеспечит возможность проведения космонавтами тренировок по отработке типовых и целевых операций по перемещению полезного груза в условиях сложного окружения внешней рабочей поверхности орбитальных модулей.

Моделирование параметров виртуального полезного груза обеспечит возможность выбора оптимального маршрута перемещения такелажного элемента

грузовой стрелы с закрепленным полезным грузом по внешней поверхности орбитальных модулей с учетом внешнего навесного оборудования.

Конструктивно интерактивный макет грузовой стрелы с эффектом дополненной реальности состоит из физического макета поста управления с первым сегментом грузовой стрелы ГСтМ с основанием, якорем, рукоятками управления по тангажу, курсу и выдвижению-складыванию с комплектом датчиков и комплексом устройств связи с объектом (УСО), видеопроекционного комплекса с техническими средствами системы имитации визуальной обстановки и вычислительной системы, обеспечивающей моделирование положения сегментов грузовой стрелы ГСтМ в виртуальном пространстве с учетом массогабаритных характеристик полезного груза, закрепленного в такелажном узле.

Интерактивный макет грузовой стрелы с эффектом дополненной реальности может быть интегрирован в комплексный тренажер для подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности и использоваться совместно с системой обезвешивания скафандров космонавтов. Особенности конструкции интерактивного макета позволит космонавтам выполнять операции по управлению грузовой стрелой ГСтМ, закрепившись в якорю на посту управления, в обезвешенном скафандре, так и без использования систем обезвешивания скафандров.

Конструкция усеченного макета грузовой стрелы ГСтМ будет установлена перед экранами видеопроекционной системы по центру. Расстояние между видеопроекционным экраном и первым сегментом макета составит от 2 до 5 см. «Виртуальное продолжение» грузовой стрелы с такелажным элементом, с закрепленным в нем виртуальным полезным грузом будет моделироваться на средствах вычислительной системы и синтезироваться на средствах системы имитации визуальной обстановки.

Первый сегмент интерактивного макета будет иметь возможность физического поворота от рукоятки тангажа в пределах от -20 градусов до $+25$ градусов. Рукоятка будет иметь прямую механическую связь с механизмом поворота по тангажу первого сегмента макета грузовой стрелы ГСтМ.

Конструктивно основание макета грузовой стрелы ГСтМ будет жестко закреплено и его физическое вращение не предусматривается.

Имитация поворота и выдвижения-складывания сегментов грузовой стрелы ГСтМ будет моделироваться средствами виртуальной реальности.

Вычислительная система сможет моделировать поведение в невесомости и изгиб сегментов грузовой стрелы ГСтМ с учетом заданных массогабаритных параметров полезного груза. Система имитации визуальной обстановки обеспечит отображение трехмерного виртуального пространства с орбитальными модулями РС МКС с «виртуальным продолжением» сегментов грузовой

стрелы ГСтМ, и в совокупности с физическим макетом обеспечит для оператора в скафандре реализацию эффекта дополненной реальности.

Система имитации визуальной обстановки выполнит отображение визуальной картинке с учетом ракурса и положения оператора в обезвешенном скафандре.

На конструкции макета будут расположены датчики угла поворота первого сегмента по тангажу, и датчики положения рукояток управления грузовой стрелой по курсу, тангажу и выдвижения-складывания. Рукоятки управления интерактивного макета грузовой стрелы ГСтМ будут загружены для обеспечения соответствующих усилий.

Информация с датчиков отклонения рукояток управления ГСтМ, через оборудование УСО поступает в вычислительную систему и выполняется моделирование поведения сегментов виртуального продолжения грузовой стрелы с такелажным элементом и полезным грузом. На основании расчета о текущем моделируемом положении, изгибе и ориентации каждого сегмента система визуализации отображает соответствующую виртуальную картинку.

Видеопроекционные технические средства дополненной реальности могут быть заменены современными средствами смешанной реальности на базе технологий Microsoft Hololens, что уменьшит площадь для размещения тренажера, а реализация возможности физического поворота поста управления по курсу до 360 градусов обеспечить отработку внекорабельных операций с полезным грузом и грузовой стрелой ГСтМ в широких пределах.

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ КОСМОНАВТА СКАФАНДРА
ДЛЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ОРИАН-МКС».
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ
И ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ВЫХОДАХ В КОСМОС**

**Глазов Г.М., Поздняков С.С., Филипенков С.Н., Шибалов А.Д., Щавелев Г.В.
(АО «НПП «Звезда», пос. Томилино, Московская обл.)**

Скафандры для внекорабельной деятельности (ВКД) с ручным способом регулирования температуры хладагента (воды) в костюме водяного охлаждения (КВО), имеющего важное значение для поддержания теплового состояния организма при интенсивной физической активности оператора, имеют многолетний успешный опыт использования. Несмотря на это актуальным оставался вопрос повышения качества терморегулирования и достижения оптимального теплового состояния космонавта. При ручном регулировании существенное

влияние на показатели теплового состояния оказывает человеческий фактор, то есть своевременное, запаздывающее или ошибочное реагирование оператора на изменение уровня физической нагрузки в процессе ВКД.

Рассматривается практическое использование автоматической системы терморегулирования (АСТР) в скафандре «Орлан-МКС», как нового средства оптимизации качества терморегулирования [1–3]. В докладе представлена принципиальная схема АСТР скафандра «Орлан-МКС», выбранный алгоритм регулирования, критерии и параметры регулирования, приведены некоторые результаты наземной отработки системы с участием испытателей-добровольцев [4–6] и первые результаты использования АСТР при операциях ВКД на Международной Космической Станции (МКС), в том числе выполнено сравнение параметров терморегулирования при ручном и автоматическом методах регулирования на основании объективных данных телеметрической информации, полученных при операциях ВКД, выполненных Ф. Юрчихиным и А. Мисуркиным в скафандре «Орлан-МК» с ручным регулированием и в скафандре «Орлан-МКС» с использованием системы АСТР, а также субъективная оценка космонавтами эффективности АСТР.

Литература

- [1] А.С. Барер, Ю.Г. Конахевич, А.А. Шейкин, С.Н. Филипенков. Динамика показателей теплового состояния человека при обеспечении теплового баланса с помощью костюма водяного охлаждения космического скафандра /Авиакосмическая медицина: VI Всесоюзная конференция по космической биологии и авиакосмической медицине. – ч. 1. Калуга-Москва, июнь 1979. – С. 105–106.
- [2] А.С. Барер. Искусственное поддержание температурного гомеостаза у человека в экстремальных условиях. / Физиология терморегуляции. 1984. Л.: «Наука», – С. 320–346.
- [3] А.С. Барер, М.М. Балашов, А.С. Бодров, Г.М. Глазов, С.Н. Филипенков, Г.В. Щавелев, А.Ц. Элбакян. Физиологические основы и техническая реализация системы поддержания теплового баланса космонавта при внекорабельной деятельности, включая контур автоматического регулирования основных температурных параметров организма / Сборник докладов «Седьмой Международный Аэрокосмический Конгресс IAC'12». Москва, август 2012. – С. 683–687.
- [4] А.Ц. Элбакян, Р.Х. Шарипов, С.Н. Филипенков, Г.М. Глазов, М.М. Балашов. Автоматическое поддержание теплового комфорта при работе на Земле и в космосе с использованием костюма водяного охлаждения и контура вентиляции: Концепция и предварительные физиологические исследования / Космический форум 2011, посвященный 50-летию полета в космос Ю.А. Гагарина (Сборник материалов). Москва, апрель 2011. – 9 с.
- [5] G. Glasov, N. Gnoevaya, F. Kubar, S. Filipenkov, R. Sharipov, A. Elbakyan. Trades study of the thermal control for EVA suited human being // The International Symposium on Environmental Systems and Processes of Integration. – Preprint № IS93147 Moscow. August 1993. – p. 10.
- [6] A.Tch. Elbakyan, M.M. Balashov, S.N. Filipenkov, G.M. Glasov., N.K. Gnoevaya, F.V. Kubar, R.Kh. Sharipov. The automatic thermal control system (ATCS) for the EVA space suit // SAE Tech. Paper Series.- № 941382. – 1994. – P. 1–13.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО КОНТРОЛЯ
ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ**

**Черногоров Р.В., Переведенцев О.В., Леванов В.М.
(ГНЦ РФ—Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)**

В настоящее время в орбитальных полетах к внекорабельной деятельности (ВКД) прибегают преимущественно при проведении комплекса работ, связанных с ремонтом и заменой вышедших из строя узлов и агрегатов, установке нового оборудования и наладочных операций, постановке научных экспериментов и испытаний новой космической техники [1]. И если на низкой околоземной орбите (НОО) это важная, но достаточно эпизодическая деятельность, то на Луне она превратится в подобие регулярных смен вахтового режима работы, при котором продолжительность и частота ВКД значительно возрастет [2]. Таким образом проведение работ на лунной поверхности неизбежно приведет к увеличению времени аппликации уже известных негативных факторов ВКД на НОО, к которым добавятся ряд новых опасных воздействий и ограничений, в том числе малоизученных. Что в свою очередь приведет к возрастанию объема и перечня медицинских рисков, требующих тщательной проработки при проектировании перспективной системы медицинского обеспечения лунных миссий, включая медицинский контроль за осуществлением ВКД.

В лунных экспедициях возможны сценарии, при которых медико-техническая поддержка Центра управления полетами (ЦУП) может оказаться недоступной. Наиболее вероятными из них являются: проведение ВКД при отсутствии прямой радиосвязи с Землей, потеря локальной радиовидимости между лунной базой и оператором ВКД, а также нештатные ситуации, характеризующиеся невозможностью осуществления удаленного контроля за деятельностью космонавта на лунной поверхности.

Для решения перечисленных проблем предлагается использовать средства автономного анализа и оценки интегрированных данных о функциональном состоянии космонавта, выполняющего ВКД, и данных функционирования автономной системы жизнеобеспечения скафандра, размещенных в носимом вычислительном блоке (НВБ) космонавта с применением, в том числе, технологий искусственного интеллекта.

В основу программного обеспечения НВБ ляжет система поддержки принятия решений, построенная на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [3]. Выбор ИНС определен их способностью адаптироваться к изменениям внешних условий, решать задачи с неизвестными зависимостями между входными и выходными данными, а также неопределенными закономерностями развития ситуации.

В задачи НВБ будут входить сигнализация о возрастании рисков вреда здоровью космонавта, отслеживание негативных трендов и формирование корректирующих рекомендаций.

В случае выявления угроз для здоровья космонавта и выполнения его рабочих функций в ходе ВКД, НВБ должен в первоочередном порядке попытаться оповестить об этом наземную группу медицинского обеспечения ЦУП и отправить соответствующий сигнал на пульт управления лунной базы, в соответствии с общей моделью распределения функций управления между человеком в космосе, «машиной» и рекомендациями наземных служб [4]. При отсутствии ответа в течение регламентированного срока, в т.ч. вследствие невозможности радиоконтакта, НВБ должен переадресовать данное предупреждение непосредственно оператору ВКД, снабдив его автоматически сформированными рекомендациями по автономному устранению возникшей угрозы.

Литература

- [1]. Богомолов В.В., Самарин Г.И. Медицинское обеспечение здоровья и безопасности экипажей МКС // МКС, РС. Космическая биология и медицина: в 2 т. М., 2011. – Т. 1. – 47 с.
- [2] Поляков А.В., Усов В.М., Крючков Б.И., Косачев В.Е., Михайлюк М.В., Мотиенко А.И. Компьютерное моделирование жизнеугрожающих ситуаций и проведения аварийно-спасательных, медицинских и эвакуационных мероприятий на лунной базе // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2019. – Т. 53. – № 3. – С. 13–19.
- [3] Переведенцев О.В., Орлов О.И., Леванов В.М. К вопросу о разработке интеллектуальных компонентов системы принятия решения для медицинского обеспечения межпланетных пилотируемых космических полетов // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2018. – Т. 52. – № 4. – С. 24–27.
- [4] Калери А.Ю., Тюрин М.В. Антропоцентрический подход к процессу принятия автономных решений экипажем пилотируемого космического корабля // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 4(9). – С. 36–41.

ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЕРАТОРОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СКАФАНДРУ «ОРЛАН-МКС»

**Пятница А.С., Филипенков С.Н., Четин В.И.
(АО «НПП «Звезда», пос. Томилино, Московская обл.)**

Враждебность для жизни человека условий открытого космического пространства выдвигает перед системами и конструкцией скафандра для внекорабельной деятельности (ВКД) широкий набор требований по поддержанию автономной среды обитания и высокого уровня работоспособности космонавта [1].

Существенное значение для обеспечения работы имеет антропометрическое соответствие оболочки и человека в скафандре, а также эргономичность его конструкции. Прежде всего, это относится к достигаемости органов управления скафандром и информативности представления индикации аварийной сигнализации систем управления [2, 3].

Задача исследования: в связи со значительным изменением диапазона антропометрических показателей действующих членов отряда космонавтов встала необходимость уточнения антропометрических показателей операторов для работы в СК «Орлан-МКС» с целью обеспечения более качественного отбора кандидатов для осуществления внекорабельной деятельности.

В докладе представлены результаты исследований по оценке возможности входа/выхода и размещения испытуемых-добровольцев в скафандре «Орлан-МКС», возможности и удобства работы операторами (мужчинами и женщинами) с органами управления при избыточном давлении 0,4 кгс/см² и без него в скафандре, а также определения зон достигаемости операторами с различными антропометрическими показателями.

Литература

- [1] И.П. Абрамов, М.Н. Дудник, В.И. Сверщек, Г.И. Северин, А.И. Скуг, А.Ю. Стоклицкий. Космические скафандры России. – М., 2005. – С. 280–282.
- [2] С.М. Алексеев. Космические скафандры вчера, сегодня, завтра. – М.: Знание, 1987. – 64 с., ил. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 2).
- [3] Г.И. Северин, И.П. Абрамов, В.И. Сверщек, С.С. Поздняков. Скафандры НПП «Звезда» //Общероссийский научно-технический журнал «Полет». – № 5. – 2006. – С. 96–102.

ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КОСМОНАВТОВ

Брель А.О.

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

Дополненная реальность – термин обозначающий ряд технологий, позволяющих совмещать реальное изображение и трехмерные объекты [1]. Технологии дополненной реальности применяются как в развлекательной, так и в производственной сфере. Во втором случае подобные средства позволяют визуализировать необходимую информацию об объекте, что повышает эффективность подобного рода работ [2, 3].

Технически дополненная реальность реализуется в следующих форматах: портативная, стационарная и проекционная. Самым распространенным примером подобных технологий являются очки дополненной реальности [4].

В качестве средства для подготовки космонавтов дополненная реальность позволит улучшить обучающий процесс, в плане оперативного получения справочной информации. Такая система позволит в режиме реального времени выводить в зрительное поле обучаемого чертежи, схемы, трехмерные модели объектов, фотографии и видеозаписи. На примере подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности, дополненная реальность позволит, например, проецировать обстановку на внешней поверхности МКС на экспериментальные установки [5].

С применением такой технологии для инструктора расширяются возможности по визуализации учебного процесса. Для реализации подобной технологии в качестве технического средства для подготовки космонавтов, требуется соответствующая материально-техническая база [4]. При выборе формата, в котором подобная технология может быть реализована, необходимо опираться на формы обучения космонавтов, имеющуюся материально-техническую базу, а также необходимость в дополнительной подготовке инструктора и обучаемого.

Литература

- [1] Milgram P., Kishino A.F. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays // IEICE Transaction on Information Systems. – 1994. – Vol-E77-D, – № 12. – С. 1321–1329.
- [2] Pathomaree N., Charoenseang, S. Augmented reality for Skill Transfer in Assembly Task // The 14th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Cooperation – 2005.
- [3] Saaski J., Salonen T., Liinasuo M., Pakkanen J., Vanhatalo M., Riitahuhta A. Augmented reality Efficiency in Manufacturing Industry: A Case Study // DS 50: Proceedings of NordDesign 2008 Conference. – 2008. – С. 99–109.
- [4] Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 3(108). – С. 88–107.
- [5] Направления применения компьютерного моделирования при подготовке космонавтов к ВКД. Онуфриенко Ю.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Жамалетдинов Н.Р., Коренной В.С. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2017. – С. 219–221

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ПО ДИСЦИПЛИНАМ
«СКАФАНДР ДЛЯ ВКД» И «КОМПЛЕКС СРЕДСТВ ШЛЮЗОВАНИЯ»**

**Зубов Д.Д., Соловьева Н.И.
(ФБГУ «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 несколько форм подготовки: теоретические, практические занятия и тренировки. Для каждой дисциплины подготовки разработаны программы с необходимыми объемами занятий с обучаемыми. Анализ подготовки показал, что максимальные результаты достигаются в результате использования всех форм занятий.

Теоретические занятия включают в себя лекции, семинары, консультации и являются первичным этапом подготовки. Практические занятия реализованы по двум направлениям: практические занятия по работе с органами управления скафандра для ВКД и отработке процесса шлюзования в виртуальном режиме на функционально-моделирующем стенде ФМС скафандра «Орлан-МК» и практические занятия по обслуживанию скафандров, тренировки на тренажере «Выход-2» с использованием реальных скафандров «Орлан-МК-Т». В процессе тренировок отрабатывается циклограмма шлюзования с возможными нештатными ситуациями при шлюзовании и в скафандре при ВКД.

Тренировки в скафандрах для внекорабельной деятельности являются неотъемлемой частью подготовки космонавтов. С 2009 года в подготовку были добавлены практические занятия на ФМС скафандра «Орлан-МК».

В докладе поднимается вопрос о целесообразности совместного использования на различных этапах подготовки ТСПК на базе средств виртуальной реальности и ТСПК с использованием скафандров для ВКД соответствующих полетным образцам [1], а также проводится сравнительный анализ возможностей этих ТСПК.

В результате обработки статистики по результатам тренировок [2, 3] был сделан вывод, что использование технологий виртуальной реальности и работа в реальных скафандрах для ВКД в условиях тренажера для отработки шлюзования и навыков управления системами скафандра хорошо дополняют друг друга при подготовке космонавтов. Положительные результаты использования ФМС скафандра «Орлан-МК» позволяют делать выводы о необходимости расширения функциональных возможностей ФМС за счет внедрения современных программно-аппаратных средств на базе технологий виртуальной реальности.

Литература

[1] Перспективы подготовки космонавтов по комплексу средств шлюзования и обеспечения выхода в открытый космос с использованием шлема виртуальной реальности OCULUS RIFT. Д.Д. Зубов, Н.И. Соловьева, А.О. Чуланов, Р.Ю. Корпляков, Д.В. Шабуров. В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2017. – С. 221–223

[2] Киреева Е.С. База данных «Учет проведенных занятий по шлюзованию и скафандрам для выхода в открытый космос». Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина», 2013. Свидетельство о государственной регистрации № 2013621390.

[3] База данных «Подготовка космонавтов по дисциплине «Операции и средства обеспечения внекорабельной деятельности». О.А. Брель, Д.И. Верба, В.С. Коренной, И.Ю. Тарасов. Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2019.

БАЗА ДАННЫХ «ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

**Брель О.А., Верба Д.И., Коренной В.С., Тарасов И.Ю., Брель А.О.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В процессе подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности для улучшения технических средств подготовки, а также для совершенствования учебно-методического и организационного обеспечения подготовки широко используются инновационные решения [1].

В ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» разработана и зарегистрирована база данных «Подготовка космонавтов по дисциплине «Операции и средства обеспечения внекорабельной деятельности». База данных выполнена на основе СУБД Microsoft Access 2007 [2].

База данных предназначена для использования инструктором при подготовке к проведению испытательно-тренировочных работ по внекорабельной деятельности (ВКД) на технических средствах подготовки космонавтов (ТСПК), таких как: гидролаборатория (ГЛ), специализированный тренажер «Выход-2» (СТ «Выход-2»), гидротренажерный комплекс и другие.

База данных позволяет хранить, систематизировать и получать информацию об испытательно-тренировочных работах и выходах в открытый космос (ОК) из российского сегмента Международной космической станции (МКС) за разные периоды времени для всех действующих космонавтов из отряда космонавтов.

Структура базы данных представлена на рисунке 1.

Разработанная база данных является пополняемой. В нее могут быть введены новые разделы, относящиеся к вопросам подготовки космонавтов по перспективным программам, в частности по подготовке космонавтов для работы на поверхности Луны [5].

Литература

- [1] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. Инновации в практике подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(23). – 2017. – С. 104–115.
- [2] Гурвиц Г.А. Microsoft® Access 2007. Разработка приложений на реальном примере. – СПб: БХВ-Петербург, 2007 – 672 с.
- [3] Крючков Б.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Ярополов В.И., Усов В.М., Иродов Е.Ю., Верба Д.И., Коренной В.С. Анализ основных результатов внекорабельной деятельности экипажей МКС // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(22). – 2017. – С. 56–67.
- [4] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. Статистический анализ массогабаритных характеристик научной аппаратуры, устанавливаемой космонавтами при внекорабельной деятельности // Пилотируемые полеты в космос. – № 4(17). – 2015. – С. 48–55.
- [5] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Крючков Б.И., Ярополов В.И. К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны // Пилотируемые полеты в космос. – № 1(26). – 2018. – С. 71–89.

КОНЦЕПЦИЯ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕВЕСОМОСТИ В ГИДРОСРЕДЕ

Зайцев М.А.

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

Гидроневесомость – один из наиболее эффективных способов воспроизведения условий работы в космосе. Этот способ основан на помещении объектов в жидкую среду и придании им нейтральной плавучести и безразличного равновесия [1].

В настоящее время в разных странах Мира созданы и эксплуатируются гидролаборатории, имеющие различные характеристики и технические особенности.

В докладе представлено современное видение общей концепции гидротренажерного комплекса для подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности с учетом мирового опыта создания подобных комплексов, а так же с учетом развития технических средств обеспечения и технологических процессов.

Литература

[1] Сборочно-монтажные и ремонтно-монтажные работы в космическом пространстве
А.П. Александров, В.Д. Гречко, В.Н. Кобрин, О.С. Цыганков. Харьков, ХАИ 1990.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВЫХОДОВ В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС И ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Ивакин С.В., Михайленко А.С., Сухов Т.М.
(АО «Лазерные системы», г. Санкт-Петербург)
Ахмеров Д.О.
(ПАО «РКК «Энергия», г. Королев)

Актуальным направлением совершенствования методов и средств информационного обеспечения внекорабельной деятельности [1–3] является автоматизация процесса планирования выхода космонавтов в открытый космос, а также организация групповой подготовки экипажа в виртуальной реальности. Внекорабельная деятельность (ВКД), осуществляемая на российском сегменте Международной космической станции (РС МКС), включает в себя мероприятия, автоматизируемые с помощью программного обеспечения информационной поддержки ВКД (рис. 1).



Рис. 1. Обобщенный алгоритм подготовки и проведения ВКД.

Цветом выделены мероприятия, автоматизируемые с помощью программного обеспечения информационной поддержки ВКД, включающего следующие модули: 1) МРМ – модуль разработчика методики проведения ВКД; 2) МПО – модуль подготовки операторов к ВКД; 3) МСМ – мобильный справочный модуль; 4) БТП – бортовой тренажер подготовки к ВКД; 5) МВП – модуль визуальной поддержки ВКД

Функциональные возможности программного обеспечения информационной поддержки ВКД охватывают следующий круг задач:

- поддержание актуальной конфигурации фотореалистичной трехмерной модели космической станции (рис. 2), импорт модулей и оборудования;
- интерактивная разработка сценария ВКД (используется база данных шаблонных операций ВКД, задаются астрономические параметры полета станции, учитывается светотеневая обстановка и кинематика движений космонавта в скафандре с учетом физических ограничений);
- в том числе автоматизированная прокладка маршрутов перемещения космонавтов и прокладка кабелей по внешней поверхности станции;
- автоматизированное создание бортовой документации на основе спланированного сценария;
- групповая подготовка осуществляющих ВКД космонавтов на этапе предполетной подготовки (в виртуальной реальности) и на борту станции.

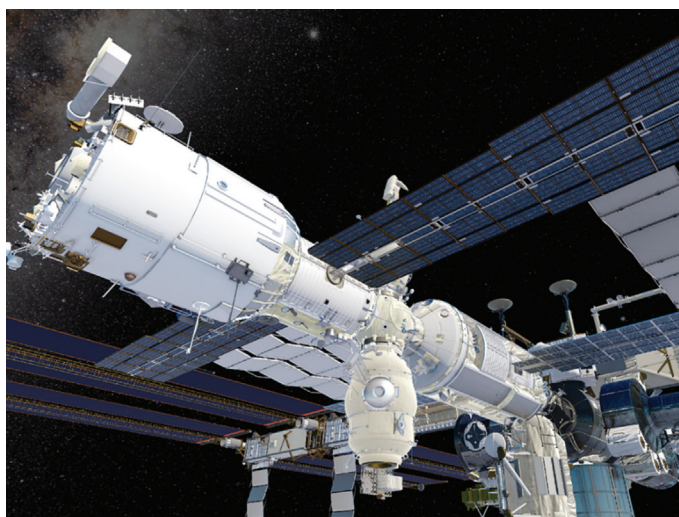


Рис. 2. Фотореалистичная модель МКС

Литература

- [1] Ивакин С.В., Михайленко А.С., Швец А.С. Система дополненной реальности для космонавта при внекорабельной деятельности: обоснование облика к 2025 г. //Лазерная и ракетно-космическая техника XXI века. Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет «Военмех», 2016. – С 190–200.
- [2] Цыганков О.С. Пятидесятилетие внекорабельной деятельности. «Космическая техника и технологии», № 1(8). – 2015.
- [3] Шалагин А.М., Долговесов Б.С., Белаго И.В. Технологии виртуальной реальности: опыт создания систем виртуальной реальности для космических тренажерных комплексов. «Полет» № 1(1). – 2011. – С. 22–26.

**ОБЪЕКТЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ
В СИСТЕМАХ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Жамалетдинов Н.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)
Левшин С.А., Емельяненко В.В., Горепекин Р.А.
(ООО «КБ «Тренажерные комплексы», г. Новочеркасск)

Подготовка специалистов, управляющих сложной техникой, в настоящее время выходит на новый уровень. В процессе обучения зачастую возникает задача взаимодействия реальных и виртуальных объектов и сред на высоком уровне достоверности сенсорных ощущений. При этом появляется необходимость использования виртуальных объектов, обладающих интеллектуальными способностями. Примерами такой взаимосвязи являются условные системы «водитель-дорожная обстановка», «экипаж-тактическая обстановка». Особенно актуальной является задача моделирования поведения виртуальных специалистов или роботов при подготовке операторов к внекорабельной деятельности (ВКД). Примером такой взаимосвязи является система «группа специалистов (бригада)-общая задача сборки объекта».

Реальными во всех случаях являются обучаемые специалисты, оборудование и инструменты, физические поверхности или макеты изделий. Виртуальными объектами могут являться: члены экипажей, роботы или роботизированное оборудование, автомобили дорожной обстановки, группы противников, элементы уникального оборудования (фрагменты космической станции, элементы ядерного реактора, системы управления пуском баллистических ракет и прочее), критические процессы (нештатные ситуации), воспроизведение которых в реальности затруднительно в силу опасности или высокой стоимости. Особый класс виртуальных объектов составляет оснастка виртуальных членов экипажей или групп операторов: их инструменты, оружие, средства защиты и связи.

Для проведения тренировки в виртуальном мире, близком по своим проявлениям к реалистичной среде, должны действовать программно-управляемые объекты с элементами искусственного интеллекта (далее – объекты с ИИ или просто объекты). При решении каждой конкретной задачи достаточно, чтобы объект с ИИ демонстрировал лишь определенный уровень интеллектуальности и имитировал разумное поведение, что способствует возникновению у обучаемого ощущения реальности происходящего.

Система ИИ управляет всеми аспектами поведения объектов с ИИ, обеспечивая для объекта следующие функции:

- перемещение в пространстве;
- простейшие поведенческие реакции;
- принятие решений.

Моделирование перемещений выполняется с помощью навигации, которая определяется как процесс целенаправленного выбора маршрута объектом, перемещающимся в физической среде.

На практике, например для решения задачи применения дистанционно управляемого инструмента, управления роботом-андроидом или применения стрелкового оружия, комбинируются методы моделирования физических законов (прогнозирование положения цели) и алгоритмы, основанные на теории нейронных сетей [2, 3]. Моделирование перцептрона (однослойная нейронная сеть) позволяет организовать обучение объекта с ИИ управлению инструментом (оружием) с компенсацией ошибок, что повышает степень реалистичности происходящего. С помощью многослойных нейронных сетей решаются задачи по принятию решений, выбору оптимального поведения [1].

Для выбора оптимального способа действий (подходящего вида инструмента при ВКД или объекта применения инструмента) использование деревьев классификации – один из перспективных методов, а для прогнозирования результата его применения (положительного или отрицательного) используются деревья регрессии [1, 3].

Методы моделирования перемещений с помощью навигации, основанной на поведенческих реакциях объекта с ИИ, апробированы в тренажерах по подготовке механиков-водителей 8-осных шасси типа МЗКТ-79221 и 4-осных шасси типа МЗКТ-7930; в тренажере боевой противодиверсионной машины (БПДМ) и тренажере вождения машины дистанционного разминирования.

Алгоритмы, основанные на теории нейронных сетей и нечеткой логики, апробированы в тренажере БПДМ при решении задач выбора цели, выбора типа оружия, ведения стрельбы с компенсацией ошибок.

Литература

- [1] Круглов, В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети: Учеб. пособие для студентов вузов / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
- [2] Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики: перцептроны и теория механизмов мозга / Ф. Розенблатт. – М: Мир, 1965. – 480 с.
- [3] Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
- [4] Шампандар А. Искусственный интеллект в компьютерных играх: как обучить виртуальные персонажи реагировать на внешние воздействия / Шампандар А. – М: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 768 с.

**ОТРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ И СРЕДСТВ
ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА ЛУННОЙ И МАРСИАНСКОЙ ПОВЕРХНОСТЯХ
В МИССИЯХ-АНАЛОГАХ НАСА И ЕКА**

Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Онуфриенко Ю.И.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Достигнув значительных успехов в освоении низких околоземных орбит, ведущие космические державы активно разрабатывают планы пилотируемых полетов в дальний космос. При этом, первой целью на пути в дальний космос обозначена Луна, как подготовительный этап на пути к исследованию и освоению Марса.

Для подготовки к сложным задачам полетов в дальний космос требуется провести огромное количество работ по планированию, разработке и тестированию множества уникальных инновационных технологий. С этой целью НАСА и ЕКА широко используют миссии-аналоги (МА). В настоящее время НАСА участвует, как минимум, в четырнадцати МА по всему миру, включая проекты ЕКА и Роскосмоса [1]. По своей сути, МА – это полевые испытания, проводимые в местах имеющих физическое сходство с экстремальными средами Луны и Марса, в которых отрабатываются новые технологии, роботизированное оборудование, планетоходы, скафандры, обитаемые модули, средства навигации и связи, циклограммы работы экипажа и т.п. [2, 3, 4].

Условия работы космонавтов на поверхностях небесных тел определяют ряд специфических проблем, которые необходимо учитывать при планировании и организации внекорабельной деятельности (ВКД), а также выборе технических средств и способов практической подготовки космонавтов к выполнению рабочих операций [5].

В интересах изучения проблем осуществления ВКД в будущих миссиях на Луну и Марс НАСА и ЕКА проводят большой объем исследований и испытаний с использованием МА по следующим направлениям:

- тестирование различных модификаций лунных и марсианских скафандров при выполнении работ в условиях сложного рельефа местности;
- испытания систем шлюзования герметичных отсеков планетоходов, жилых и взлетно-посадочных модулей (включая интегрированные скафандры-шлюзы);
- исследования технологий и средств защиты от пыли скафандров, планетоходов, научного и технологического оборудования;
- оценка производительности при различных комбинациях количества членов экипажей, транспортных и робототехнических средств;

- тестирование автоматических и обитаемых (герметичных и негерметичных) планетоходов;
- сравнение сценариев выполнения операций обследования местности для развертывания напланетной базы, при выполнении роботами, людьми или их совместной работе;
- отработка практических навыков астронавтов по планетарной геологии и астробиологии на основе специально разработанных учебных курсов в условиях различных природных планетных аналогов;
- тестирование технологий, эксплуатационных концепций и инструментов для эффективно организованного геологического отбора проб, наблюдения и документирования;
- исследование взаимодействия с центром управления полетами с учетом задержки связи и т.п.

Анализ работ НАСА и ЕКА, проводимых в интересах будущих пилотируемых полетов в дальний космос, показывает достаточно хорошую эффективность использования МА при решении многих задач для проведения отработки сценариев и средств ВКД на Луне и Марсе. В процессе разработки и реализации концепции российской лунной программы целесообразно организовать системные исследования по созданию и использованию отечественного комплекса планетных аналогов.

Литература

- [1] About Analog Missions: Сайт НАСА. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nasa.gov/analogs/what-are-analog-missions> (дата обращения 10.07.2019).
- [2] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: HMP, Desert RATS, ISRU, PLRP, FMARS // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 3(20). – С. 68–79.
- [3] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Каспранский Р.Р. Миссии-аналоги НАСА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: NEEMO, ISTAR, Mars Yard/Chamber, Antarctic/desert, Hi-SEAS // Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 4(21). – С. 43–56.
- [4] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Онуфриенко Ю.И. Миссии-аналоги ЕКА, проводимые в интересах осуществления пилотируемых полетов в дальний космос: CAVES, PANGAEA, :envi hab, ESOL // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 2(31). – С. 96–113.
- [5] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Крючков Б.И., Ярополов В.И. К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 1(26). – С. 71–89.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ СКАФАНДРА И КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

**Алтуний А.А., Жамалетдинов Н.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Решение задач освоения планет Солнечной системы требует создания новой космической техники, одними из образцов которой являются космические скафандры и средства обеспечения выходов. Разработка космических кораблей (посадочного модуля) для экспедиций на другие планеты должна идти параллельно с разработкой скафандров, т.к. взаимное влияние этих конструкций очевидно. Указанные обстоятельства вызывают необходимость проведения исследований скафандров и технических средств обеспечения выхода космонавтов на поверхность планет, вследствие чего тема настоящего доклада представляется актуальной.

В докладе представлены результаты аналитического обзора физических условий и технико-механических характеристик микрорельефа и грунтов на поверхности Луны применительно к организации внекорабельной деятельности космонавта и проектов лунного скафандра и средств обеспечения «Выхода» на поверхность Луны, разработанных в США, СССР и России в период с 60-тых годов двадцатого века по настоящее время [1].

На основе анализа опыта деятельности астронавтов экспедиций «Apollo» на поверхности Луны, опыта подготовки советских космонавтов по отечественной лунной программе, планов выполнения лунных экспедиций, определены основные задачи напланетной деятельности космонавтов на поверхности Луны [2].

Разработаны предложения по составу и тактико-техническим характеристикам лунного скафандра, требования, предъявляемые к скафандрам и их системам. Разработаны предложения по составу и тактико-техническим характеристикам средств обеспечения «Выхода» на поверхность Луны.

Приведены основные результаты экспериментальных исследований по определению облика средств обеспечения «Выхода» на поверхность Луны. Экспериментальные исследования проводились на самолете-лаборатории Ил-76 МДК во время полета с выполнением режима лунной гравитации и на специализированном тренажере «Выход-2», имитирующем методом подвеса пониженную весомость, соответствующую уровню лунной гравитации [1].

На основе задач напланетной деятельности космонавтов на Луне определен перечень задач подготовки космонавтов к «Выходу» на поверхность Луны. Проведена декомпозиция задач напланетной деятельности космонавтов на Луне и определен состав операций, который должен быть выполнен космонавтами для достижения поставленных целей [3].

Литература

- [1] Е.Ю. Иродов, П.П. Долгов, В.С. Коренной, Б.И. Крючков, В.И. Ярополов. К вопросу подготовки космонавтов для работы на поверхности Луны // Пилотируемые полеты в космос. 2018. – № 1(26). – С. 71–89.
- [2] Крючков Б.И., Усов В.М., Ярополов В.И., Сосюрка Ю.Б., Троицкий С.С., Долгов П.П. Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий // Пилотируемые полеты в космос. 2016. – № 2(19). – С. 35–57.
- [3] Онуфриенко Ю.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. Особенности подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне // Пилотируемые полеты в космос. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Звездный городок, 2017. – С. 215–217.

МНОГОЦЕЛЕВАЯ ТРАНСПОРТИРОВОЧНАЯ СТАПЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ГИДРОМАКЕТОВ РС МКС

Николаев С.Е.
(ООО «Скарабей», г. Москва)

Сложность решаемых задач по подготовке экипажей с применением гидромакетов РС МКС ИТК ГЛ в условиях гидролаборатории и решения перспективных задач подготовки космонавтов по выполнению работ ВКД потребовало создание нового транспортно-сборочного средства – транспортировочной стапельной платформы для перемещения, обслуживания и ремонта гидромакетов РС МКС. Разработанная и выполненная в макетном исполнении транспортировочная стапельная платформа имеет следующие технические характеристики:

- грузоподъемность для гидромакетов РС МКС до 5000 кг;
- общие габаритные размеры: длина 5 м, ширина 3,5 м, высота 0,7 м;
- скорость передвижения от 0 до 20 м/мин с плавным стартом;
- автономное электропитание от встроенных аккумуляторных батарей с встроенным зарядным устройством;
- система управления платформой – радиуправления;
- длина прохождения пути от зарядки до зарядки – 1000 м;
- платформа имеет привод на каждое из четырех поворотных надувных колес в виде электро-мотора редуктора;
- температура эксплуатации транспортировочной транспортной платформы от минус 20 °С до плюс 40 °С.

Конструкция транспортировочной стапельной платформы предусматривает монтажную опорную раму с системой базирования и фиксации перевозимых макетов. Каждый из фиксаторов шпангоутного типа состоит из опоры

базирования и механизма прижатия корпусов макета к опоре. Фиксаторы корпуса макета расположены противоположно друг другу на боковых сторонах опорной рамы. Средство для прижатия и фиксации корпуса к опоре базирования включает в себя самоустанавливающийся двуплечный прижимной рычаг. Опора базирования макетов имеет пневматический привод, осуществляющий подъем и спуск макета с возможностью изменения угла поворота от 0 до 45°.

Разработанная транспортировочная стапельная платформа позволяет осуществлять перемещение макетов РС МКС с различными геометрическими и весовыми параметрами и существенно расширить возможность тренировочного процесса подготовки экипажей.

Литература

[1] Р.И. Гусева. Особенности технологии сборки планера самолета. ФГБУ высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», 2013.

[2] В.И. Халиулин, С.Р. Ибатуллина. Технология сборки металлических и композитных конструкций. ФГБОУ высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева-КАИ», 2014.

[3] В.Л. Александров. Технология судостроения. Ульяновский Государственный Технический Университет, 2003.

ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННОЙ НЕВЕСОМОСТИ, ВОСПРОИЗВОДИМОЙ В ПРОЦЕССЕ ПОЛЕТА НА САМОЛЕТЕ-ЛАБОРАТОРИИ ИЛ-76 МДК

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.

Внекорабельная деятельность космонавтов, представляет собой сочетание различных типов и уровней практической и умственной деятельности, отличается от других видов труда рядом специфических особенностей, таким как действия в скафандре, вакуум, невесомость, ограниченное время на выполнение операций и др.

Таким образом,

ВКД – это особый вид профессиональной деятельности космонавтов, протекающей за пределами герметичных отсеков ПКА в условиях комплексного воздействия факторов открытого космоса.

Деятельность космонавтов в открытом космосе состоит из процесса выполнения типовых операций (работ), имеющих место в каждом выходе в ОК, и операций (работ) целевого назначения.

Типовые операции ВКД – это операции, характеризующиеся повторяющейся последовательностью действий оператора и одинаковым временем их выполнения. Типовые операции отрабатываются при тренировках космонавтов на этапе ОКП (первоначальные навыки), в составе групп (устойчивые навыки) и в составе экипажей (поддержание ранее полученных навыков) по заранее разработанным и утвержденным методикам.

Одним из основных факторов, определяющих возможность и особенности выполнений той или иной технологической операции в условиях космоса, является невесомость. Воздействия невесомости на технологическую деятельность космонавта, на качественные и количественные результаты его труда, в первую очередь, проявляются в виде эффекта беспорного состояния, при котором невозможность выполнения трудовых действий вытекает из законов механики. Выполнять технологические операции в космосе можно только при условии наложения определенных связей (фиксации) как на объект труда, так и на космонавта, т.е. путем ориентации и закрепления тела космонавта и объекта в заданном положении.

Воздействие невесомости также сказывается непосредственно на организм человека и опосредованно – на его трудовой деятельности, а, следовательно, и на ее результатах. Причем воздействие невесомости на человеческий организм, как на биологическую систему, может быть как прямым, так и косвенным.

При подготовке космонавтов к ВКД по ближайшим перспективным космическим программам на имитаторах условий космического полета в основном будут использованы программы и методики выполнения типовых операций ВКД, которые были отработаны и апробированы в ранее выполненных полетах, а также выполняемых в программах настоящих периодов подготовки.

Одним из многих средств подготовки космонавтов к ВКД является самолет-лаборатория Ил-76 МДК (СЛ).

Режим кратковременной невесомости продолжительностью до 30 секунд на СЛ создается в процессе полета самолета по кривой Кеплера, а также могут воспроизводиться специальные режимы с остаточными перегрузками $n=0,16$ и $n=0,38$, соответствующими лунному и марсианскому режимам гра-

витации. В одном полете СЛ продолжительностью 1,5÷2 часа выполняется до 15 режимов невесомости, т.е. за один полет можно отработать циклограмму технологических операций по ВКД длительностью до 450 секунд.

При полетах на невесомость также вырабатываются устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов космического полета.

Оператор имеет возможность отрабатывать целевую задачу тренировки при определенном психофизиологическом стрессовом состоянии в условиях кратковременных режимов НВ.

В процессе проведения тренировок в условиях полета на борту СЛ с воспроизведением режимов кратковременной невесомости возможна отработка следующих типовых операций ВКД:

- вход/выход, размещение в СК;
- перемещение по трассам поручней при помощи страховочных фалов;
- выход/вход из/в шлюзового отсека;
- фиксация и размещение на площадке «Якорь»;
- работа с инструментом и оборудованием ВКД;
- выбор положения члена экипажа при проведении фотосъемок;
- выбор положения экипажа и проведение им отталкивания оборудования.

А также возможна отработка операций на планетной деятельности в условиях пониженной весомости, таких как:

- подъем и спуск по трапу;
- подъем и спуск по трапу с контейнером;
- перемещение космонавта шагами по ровной поверхности;
- перемещение космонавта прыжками по ровной поверхности;
- перемещение космонавта шагами по наклонной плоскости;
- перемещение космонавта прыжками по наклонной плоскости;
- перемещение космонавта по неровной поверхности с препятствиями;
- перенос укладок (контейнеров с оборудованием);
- перемещение контейнеров на ручной тележке;
- выполнение сборочно-монтажных операций и т.д.

В связи с ограниченными объемами лабораторного отсека СЛ (ВхДхШ 3,45х14,18х3,4 м), в котором отрабатываются операции ВКД, и спецификой выполнения полетов – производится разработка и изготовление макетов фрагментов внешней поверхности ОС, КТ и т.д. На данный момент используются при подготовке:

- макет трассы поручней;
- макет шлюзового отсека;
- полотенце для протирки СК;
- малогабаритная укладка ВКД;

- крупногабаритная укладка ВКД;
- макеты спутников;
- площадка «Якорь» с интерфейсным блоком.

В условиях кратковременной НВ производится привитие первоначальных навыков ориентации тела, передвижения с использованием элементов фиксации, использования инструмента, отрабатывается взаимодействие в составе экипажа.

В докладе рассмотрены предложения по методическим аспектам организации и проведения подготовки космонавтов при отработке типовых операций внекорабельной деятельности в условиях полетов на СЛ с воспроизведением режимов кратковременной невесомости. А также затронут вопрос о разработке и изготовлении макетов для данного вида подготовки.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИЙ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В ходе длительных космических полетов под воздействием невесомости и других неблагоприятных факторов происходит изменение характеристик операторской деятельности космонавтов при выполнении различных работ, предусматриваемых программой полета [1]. С целью заблаговременного проведения оценки и прогнозирования надежности будущей профессиональной деятельности космонавтов на поверхностях небесных тел, в период с 2013 по 2018 годы была проведена серия экспериментальных исследований по определению параметров выполнения космонавтами отдельных операций внекорабельной деятельности (ВКД) [2], которые с большой долей вероятности будут выполняться в процессе напланетной деятельности космонавтов на поверхности Луны [3, 4, 5]. К ним относятся:

- операции в шлюзовом отсеке;
- перемещение к рабочему месту ВКД;
- перемещение за оборудованием и снаряжением;
- установка антенн;
- стыковка электроразъемов;
- перемещение с оборудованием и снаряжением;
- закрытие выходного люка.

Целью экспериментальных исследований являлись:

- оценка возможности управления космонавтом системами скафандра и другим оборудованием в процессе шлюзования и ВКД;
- отработка отдельных типовых операций ВКД, получение экспериментальных данных о качестве выполнения данных операций.

Было проведено 20 сеансов экспериментов, в том числе:

- восемь космонавтов выполнили запланированную серию экспериментов до космического полета;
- семь космонавтов выполнили запланированную серию экспериментов после завершения полугодового полета;
- один космонавт выполнил запланированную серию экспериментов после завершения годового полета;
- четыре космонавта выполнили только фоновые предполетные эксперименты.

В результате проведения экспериментальных исследований показана возможность выполнения космонавтом, после осуществления длительного космического полета и воздействия на его организм невесомости, операций по управлению системами скафандра и другим оборудованием в процессе шлюзования, а также получены экспериментальные данные о временных параметрах выполнения отдельных типовых операций ВКД и физиологическом состоянии операторов в процессе осуществления данной деятельности.

Полученные экспериментальные данные позволяют прогнозировать параметры работоспособности и эффективности деятельности космонавтов в экстремальных условиях после воздействия невесомости, что может быть использовано при планировании внекорабельной и напланетной деятельности и разработке циклограмм выполнения различных целевых операций.

Анализ результатов экспериментов в перспективе позволяет разработать:

- методологию проведения аналогичных экспериментов на различных имитаторах условий космического полета;
- рекомендации по совершенствованию оборудования и снаряжения используемого в процессе экспериментов;
- предложения по разработке нового снаряжения для использования в перспективных космических миссиях при выполнении напланетной деятельности.

Литература

[1] Крючков Б.И., Алтуни А.А., Долгов П.П., Ярополов В.И., Усов В.М., Иродов Е.Ю., Верба Д.И., Коренной В.С. Анализ основных результатов внекорабельной деятельности экипажей МКС // Пилотируемые полеты в космос. 2017. – № 1(22). – С. 56–67.

[2] Корниенко М.Б., Лончаков Ю.В., Курицын А.А., Копнин В.А., Кондратьев А.С., Долгов П.П., Коренной В.С., Гришин А.П. Экспериментальные исследования по оценке выполнения сложной операторской деятельности космонавтом после завершения годового космического полета // Пилотируемые полеты в космос. 2017. – № 1(22). – С. 29–36.

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

[4] Алтунин А.А., Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Онуфриенко Ю.И. Профессиональная подготовка космонавтов к внекорабельной деятельности на Луне // Идеи и новации. 2018. – Т. 6. – № 3. – С. 58–63.

[5] Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С. Инновации в практике подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности // Пилотируемые полеты в космос. 2017. – № 2(23). – С. 104–115

ВИЗУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ

Синецкий Р.М., Гринченков Д.В., Цупко Г.С., Гринченков В.Д.
(Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск)

Брель О.А., Зубов Д.Д.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Одной из особенностей подготовки коллективов людей, решающих сложные технические и научные задачи, таких, как, например, экипажи космических кораблей, является необходимость усвоения большого объема обучающего материала в сжатые сроки. В таких условиях возникает необходимость не только в качественном обучающем материале, но и эффективном способе его подачи, который позволит обучаемому быстро получить доступ к любой части материала, рассмотреть предмет изучения в различных аспектах, провести контроль усвоения материала.

Традиционные бумажные учебные пособия и обычные электронные учебники в этих задачах существенно уступают интерактивным учебным техническим руководствам (ИЭТР), предназначенным для глубокого самостоятельного изучения предмета и самоконтроля полученных знаний [1]. Состав ИЭТР обычно включает оглавление, инструкцию по использованию ИЭТР, перечень сокращений и определений, учебный материал, разбитый на главы, перечень необходимых иллюстраций, средства для самостоятельного контроля знаний.

Визуальные средства ИЭТР, помимо обычных фото- и видео- материалов, содержат интерактивные графические схемы с выделяемыми зонами и всплывающими подсказками, а также трехмерные графические модели.

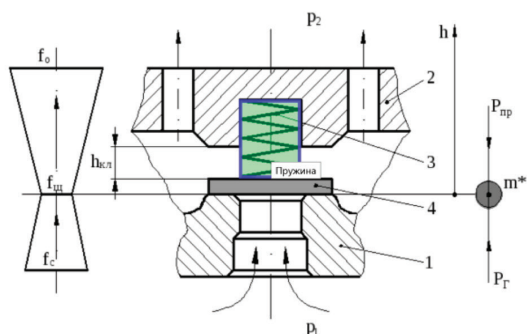


Рис. 1. Интерактивная схема



Рис. 2. Всплывающее окно

Интерактивные графические схемы представляют собой изображения (схемы, чертежи и т.д.), выделив на которых некоторую часть (узел, блок), например, нажав кнопкой манипулятора мышь на переносном персональном компьютере или прикоснувшись пальцем к изображению на экране планшетного компьютера, можно получить подробную информацию об изображенном на этой части схемы узле [2].

На рис. 1 показан пример чертежа детали в разрезе, на котором выделен элемент (пружина). В результате этого выделения ИЭТР открывает всплывающее окно с подробной информацией, включающей текстовое описание, фото-изображение или другие обучающие элементы, как показано на рис. 2.

Интерактивная 3D-модель позволяет отобразить изучаемый объект с различных сторон, рассмотреть его состав и взаимодействие составных частей. Обучаемый может поворачивать 3D-модель под любым углом, приближать и удалять изображение для ознакомления с более мелкими деталями [3].

На рис. 3 показан пример изображения 3D-модели ручки управления. Обучаемый может перейти к изучению состава изделия, в процессе чего на 3D-модели поочередно выделяются составные части, в то время как все остальные визуально скрываются, как показано на рис. 4.

Использование интерактивных средств визуализации обучающего материала несомненно способствует скорейшему и более глубокому усвоению предмета изучения, а возможность самостоятельного контроля знаний превращает ИЭТР в эффективный инструмент подготовки экипажей.

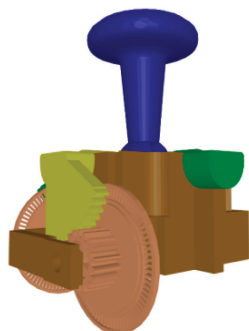


Рис. 3. 3D-модель



Рис. 4. Выделение детали

Литература

[1] Справочник по HTML. Тег area [Электронный ресурс]. – URL: <http://htmlbook.ru/html/area> (дата обращения: 02.09.2019).

[2] WebGL [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebGL> (дата обращения: 02.09.2019).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ XML ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ

Гринченков Д.В., Синецкий Р.М., Цупко Г.С., Гринченков В.Д.
(Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск)

В настоящее время технические руководства, используемые в инженерной деятельности, зачастую хранятся в печатном варианте. Это причиняет значительные неудобства при их использовании и нередко случаи, когда приходится переиздавать печатный вариант из-за небольших правок. Поэтому, задачу перевода технических руководств в электронный вид можно считать актуальной. При этом речь идет не просто о создании электронного двойника документа, что легко реализуется посредством простейших текстовых редакторов, но о создании документа с развитой системой навигации и встроенной системой контроля изменений, с автоматической актуализацией во всех связанных документах. Рассмотрим возможные подходы к решению этой проблемы.

XML является инструментарием для хранения данных, конфигурируемым транспортным средством для информации любого рода, а XSD используется для описания структуры XML документа [1].

При анализе существующего информационного пространства можно выделить множество задач, связанных с созданием и обработкой структурированной информации, для решения которых может использоваться XML.

XML-документ представляет собой обычный текстовый файл, в котором при помощи специальных маркеров создаются элементы данных, последовательность и вложенность которых определяет структуру документа и его содержание.

Редактор XML — это редактор для языка разметки, функциональность которого позволяет упростить работу с документами в формате XML. Редактировать XML можно и с помощью текстовых редакторов, в которых видно код, однако редакторы XML предлагают дополнительные возможности, такие как автоматическое завершение тегов, а также меню и кнопки для выполнения типичных задач при работе с XML.

Функциональные возможности редакторов XML не ограничиваются рамками подсветки синтаксиса, которую предлагают многие обычные текстовые редакторы и общие редакторы исходного кода. Редакторы XML проверяют исходный текст XML с помощью XML Schema или DTD, причем некоторые из них делают это в режиме реального времени, прямо в процессе редактирования документа.

Необходимость соответствия технической документации заданным стандартам обусловлена важностью соответствия электронных технических руководств с существующими техническими руководствам, находящимися на физических носителях (книги, заметки и т.д.).

Приложение PTC ArbortextEditor позволяет создавать структурированное содержимое с возможностью проверки в режиме реального времени. Авторы могут создавать информационные материалы в виде интерактивных руководств по эксплуатации и обслуживанию, а также учебные материалы.

Для формирования XML документа возможно использовать программное обеспечение PTC ArbortextEditor, а для соответствия внешнего вида документа были использованы XSLT преобразования [2]. Для удобного взаимодействия с XSLT документом использовался продукт ArbortextStyler предоставленный компанией PTC.

ArbortextEditor представляет из себя программу, позволяющую формировать XML документ с использованием технологии WYSIWYG. Для проверки соответствия документа заданному стандарту используется XSD схема, которая задает правила формирования исходного XML документа. Для публикации используется PublisherEditor который на основе XSD схемы производит XSLT преобразование XML документа и сохраняет в базу данных копию PDF и XML документа.

Основной задачей ArbortextEditor является верстка текстового содержимого электронной технической документации, а также объединение его с мультимедийным содержимым (фрагментами видео, изображениями, аудиозаписями).

Задача создания и обновления электронных технических руководств на сегодняшний день является важной составляющей комплекса мер по поддержанию средств в актуальном состоянии и позволяет избавиться от необходимости переиздания твердотельных копий.

Литература

- [1] Learning XML, Second Edition 2nd Edition, Erik T. Ray, O'Reilly Media; September 22, 2003. – С. 41–42
- [2] XSLT, 2nd Edition, Doug Tidwell, O'Reilly Media (July 6, 2008). С. 27–28

СЕКЦИЯ 7

**МЕДИЦИНСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ОТБОРА, ПОДГОТОВКИ,
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ
В КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ
И ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ**

АНАЛИЗ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КОСМОНАВТОВ ВО ВРЕМЯ ТЕЛЕРЕПОРТАЖЕЙ В ПЕРВЫЕ СУТКИ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

**Алексеев В.Н., Кобзев Е.А., Каспранский Р.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В докладе представлены результаты анализа двигательной активности космонавтов, полученные в процессе видеорепортажей в первом и втором космических полетах непосредственно после стыковки с орбитальной станцией.

Для анализа было отобрано максимально возможное количество видеозаписей телерепортажей космонавтов в первые сутки полета, имеющихся в архиве ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». По результатам анализа видеозаписей была сформирована выборка из 55 космонавтов, из них 33 человека выполнили первый космический полет и 22 человека – повторные полеты.

Анализ позволил выделить следующие закономерности:

- для первых полетов были наиболее типичны: преобладание фиксации ногами и руками, контроль над движениями, их щадящий характер, замедленный темпоритм двигательной активности, скованная пантомимика;

- для повторных полетов были наиболее типичны: преобладание фиксации ногами, автоматизированность движений, выполнение их в полном объеме, привычно-индивидуальный темпоритм двигательной активности, свободная пантомимика.

Причиной подобных различий между первыми и повторными полетами, предположительно, является формирование после первого полета системного структурного следа приспособительных реакций двух параллельно протекающих видов адаптации:

- двигательной адаптации, обусловленной необычной гравито-инерционной средой, и выражающейся в формировании нового стереотипа движений и перемещений в пространстве;

- адаптации вестибулярной системы, обусловленной невесомостью, вызывающей внутрилабиринтный конфликт и развитие космической болезни движения, симптомом которой является ограничение движений.

**СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО
ТРАКТА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА
(РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА «СПЛАНХ-1»
НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ)**

**Афонин Б.В., Агуреев А.Н., Валуев В.А., Дзех С.В.
(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)**

Для исследования особенностей изменений структурно-функционального состояния пищеварительной системы, возникающих в условиях космического полета на борту российского сегмента МКС проводится медицинский космический эксперимент (КЭ) «Спланх». В настоящее время на МКС выполнена реализация первого этапа КЭ «Спланх-1», в ходе которого проводились исследования электрической активности (ЭА) желудочно-кишечного тракта бортовым 2-х канальным гастрോэнтерографом (Спланхограф), разработанным ГНЦ РФ–ИМБП РАН совместно с НПП «Исток-Система» РФ.

Исследование ЭА ЖКТ – электрогастроэнтерография (ЭГЭГ) является важной составной частью КЭ «Спланх». В КЭ применен метод накожной ЭГЭГ, позволяющий с электродов, расположенных на коже, количественно оценивать величину ЭА основных отделов ЖКТ, по изменениям которой можно судить о состоянии их функциональной активности, подобно ЭКГ в кардиологии [1]. Запись ЭГЭГ проводится в двух взаимно перпендикулярных отведениях, что позволяет выявлять изменение вектора распространения электрических сигналов в организме, отражающее изменение расположения отделов ЖКТ в брюшной полости. Регистрация ЭА отделов ЖКТ начиналась утром, натощак перед завтраком. Для оценки реакции на прием пищи и пассажа ее по ЖКТ, запись ЭГЭГ в автоматическом режиме продолжалась во время завтрака и в течение 2-х часов после окончания приема пищи. ЭГЭГ по программе КЭ проводилась за месяц перед началом КП, после 1, 3 и 5 месяцев пребывания на МКС.

Первые исследования по программе КЭ «Спланх» на МКС были выполнены космонавтами 38 экспедиции Олегом Котовым и Сергеем Рязанским. В настоящее время проведено по 2 сеанса КЭ у российских космонавтов 12-й экспедиции, в том числе у экипажа 42 экспедиции, в которой участвовала женщина космонавт Елена Серова. В 44 экспедиции Геннадий Падалка участвовал в обычном полугодовом полете, выполнил 2 сеанса, а Михаил Корниенко являлся участником совместного с США проекта – сверх длительного годового полета. Он выполнил исследования по методике КЭ «Спланх-1» на 93-, 180- и 222-е сутки КП.

Расшифровка, полученных с МКС файлов ЭГЭГ, показала неожиданную картину произошедших в невесомости изменений электрической активности. У космонавтов после 3 и 5 месяцев пребывания в условиях невесомости во всех отделах ЖКТ отмечалось снижение натошак, как амплитуды, так и мощности электрического сигнала, в отличие от наземных экспериментов, моделирующих невесомость, в которых происходило увеличение (таблица). Снижение ЭА в КП в отдельных случаях доходило до 25 % от значений, полученных у космонавтов в предполетный период. При этом во время приема завтрака и в 2-х часовой период после приема пищи ЭА также была меньше чем в предполетный период. Снижение ЭА в условиях невесомости возникло не сразу – после 1 месяца КП сохранились предполетные величины, а в некоторых отделах ЖКТ наблюдалось даже увеличение.

Таблица

ЭА отделов ЖКТ натошак (%) по отношению к предполетным значениям при различной длительности КП

Месяц КП	Желудок	Тонкий кишечник			Толстый кишечник
		Двенадцатиперстная	Тошная	Подвздошная	
1	94±9,5	121±15,6	127±4,2	102±7,7	117±6,8
3	38±3,9	31±6,4	28±3,2	40±5,6	53±3,6
5	34±4,3	21±4,2	25±3,9	29±3,3	43±3,9

В 1/3 случаев снижение ЭА можно было связать с изменением в невесомости расположения отделов ЖКТ в брюшной полости. Расчет средних значений показателей ЭА между двумя отведениями подтвердил, что ее снижение характерно для длительного пребывания в условиях невесомости и наиболее выражено после 3-х месяцев КП. После 5 месяцев пребывания в невесомости у большинства космонавтов наблюдалась тенденция к возвращению к предполетным значениям показателей ЭА желудка и толстого кишечника. При этом ЭА всех отделов тонкого кишечника оставалась ниже, чем перед полетом. В качестве возможных причин снижения электрической активности отделов ЖКТ в условиях космического полета рассматривается отсутствие веса пищевого химуса (пищи), уменьшение в невесомости внутрибрюшного давления, вследствие расслабления мышц брюшной стенки, изменение суточных ритмов [2].

Литература

- [1] А.Г. Михеев, Б.В. Ракитин, М.М. Трифонов Функциональная диагностика в гастроэнтерологии. – Москва, «Медпрактика-М», 2014. – 28 с.
- [2] А.Н. Агуреев, Б.В. Афонин Проведение космонавтами исследований состояния пищеварительной системы в условиях космического полета на орбитальных станциях / Гагаринский сборник: Материалы XLIV Общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина. Гагарин, 2017. – С. 177–191.

О ЗАДАЧАХ КАЛИБРОВКИ НОСИМОГО РЕГИСТРАТОРА УСКОРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ

Бахметьев П.А., Кручинин П.А., Кручинина А.П., Латонов В.В.
(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва)

В рамках космического эксперимента «Изучение особенностей вестибулярной стимуляции в невесомости» для измерения линейных ускорений и угловых скоростей во время орбитального полета разработан носимый регистратор ускорений. Данное устройство представляет собой инерциальный датчик, включающий 3-х компонентный акселерометр, установленный на плате, позволяющей проводить автономную запись. С помощью этого регистратора будут проводиться записи ускорений, воздействующих на голову человека во время полета.

При использовании этого устройства следует учитывать, что нельзя исключить возможность изменения нулей и масштабных коэффициентов под действием перегрузок при выводе космического корабля на орбиту. Для определения корректных значений ускорений в условиях микрогравитации целесообразно провести дополнительное тестирование или даже калибровку измерителя. Трудность заключается в том, что стандартные методы наземной калибровки используют наличие силы тяжести, действующей на чувствительную массу прибора, неподвижного относительно Земли [1,2], и их перенос в условия космического полета невозможен. Определение нулей на орбите не вызывает затруднений, так как значения удельных сил, действующих на чувствительную массу акселерометра, неподвижного относительно МКС, не превышают его погрешностей измерений. Для определения масштабных коэффициентов предлагается использовать измеритель массы тела в невесомости [3]. Для этого необходимо установить акселерометр таким образом, чтобы его ось чувствительности совпадала с направлением колебаний подвижной части измерителя. Подвижная часть измерителя совершает слабо затухающие колебания с известными начальными условиями. Это позволяет поставить задачу определения масштабных коэффициентов акселерометра в результате решения нелинейной переопределенной системы уравнений. Такая постановка может быть положена в основу упрощенных алгоритмов определения масштабных коэффициентов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-00-01590.

Литература

[1] П.А. Акимов, А.В. Деревянкин, А.И. Матасов Гарантирующий подход и L1-аппроксимация в задачах оценивания параметров БИНС при стендовых испытаниях. – Издательство Московского университета Москва, 2012. – 296 с.

[2] Н.Б. Вавилова, И.А. Васинёва, А.А. Голован и др. Калибровка в инерциальной навигации // *Фундаментальная и прикладная математика* – 2018. – Т. 22. – № 2 – С. 89–115.

[3] Измеритель массы тела в невесомости «ИМ-01М». // URL: <https://biofizpribor.ru/production/im-01m/> (дата обращения 18.09.2019)

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧ ОПЕРАТОРАМИ В СИТУАЦИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ И ОПЕРАЦИОНАЛЬНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ

Блинникова И.В., Капица М.С.
(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

Работу человека-оператора можно представить как выполнение ряда параллельных и последовательных когнитивных задач, связанных с переработкой поступающей информации, принятием решений и достижением поставленных целей. Это предполагает обращение к когнитивным ресурсам, под которыми мы понимаем систему ментальных средств, определяющих качественные и количественные характеристики когнитивного выполнения в текущий момент времени [3]. Результаты ряда исследований демонстрируют, что система доступных когнитивных ресурсов видоизменяется в условиях возрастания эмоциональной и операциональной напряженности [5]. Задачи, которые эффективно решались в ординарных ситуациях, становятся слишком сложными, требуют избыточных временных затрат, провоцируют ошибки при усилении когнитивной нагрузки или эмоционального давления [4]. Для того чтобы понимать, как будет действовать человек-оператор в затрудненных условиях, необходимо детализировать знания о структурных изменениях на уровне тех звеньев системы переработки информации, которые в наибольшей степени подвержены неблагоприятным воздействиям.

Для решения поставленной задачи была разработана и верифицирована батарея диагностических компьютеризированных методик, позволяющих оценить эффективность использования ресурсов внимания, рабочей памяти и долговременных систем хранения [2]. Методики представляли собой задачи на воспроизведение пространственного расположения стимулов, поиск среди кратковременно удерживаемых стимулов, счет и сохранение информации в рабочей памяти, ментальные вращения, составление анаграмм. Все тесты могли быть заданы в виде серий с градуально повышающейся сложностью. Это позволяло оценивать решение задач как в достаточно простых ситуациях, так и в условиях высокой когнитивной нагрузки.

Было проведено исследование, в котором испытуемые ($n=95$), обладающие разным опытом работы с информационными системами, выполняли комплекс когнитивных методик в ординарных условиях и в условиях повышенной эмоциональной напряженности с разницей в одну неделю. Последовательность условий менялась от испытуемого к испытуемому. Эмоциональная напряженность индуцировалась инструкцией, провоцирующей тестовую тревожность. Анализировалось соотношение ошибок и времени выполнения каждой серии в зависимости от уровня когнитивной нагрузки и наличия эмоционального воздействия. В дополнение к этому, испытуемые заполняли анкету и ряд опросников, направленных на диагностику индивидуально-личностных качеств.

Результаты позволили установить, что при нарастании как операциональной, так и эмоциональной напряженности, трансформируются стратегии выполнения когнитивных задач. Были выделены оптимальные стратегии, поддерживающие когнитивную деятельность на первоначальном уровне или даже позволяющие повысить уровень выполнения за счет актуализации ряда дополнительных ресурсов. Были описаны две стратегии сниженного выполнения, одна из которых вела к удержанию уровня безошибочности ответов за счет больших временных затрат, вторая была связана с увеличением скорости ответов за счет незначительного снижения качества выполнения. Также была выявлена неоптимальная стратегия дезорганизации деятельности, проявляющаяся в возрастании и времени выполнения, и количества ошибок. В качестве факторов, опосредующих влияние операциональной и эмоциональной напряженности, проявились такие характеристики как уровень-стресс-резистентности и уровень профессионального опыта. Была построена регрессионная модель, предсказывающая изменения стратегий в усложняющихся условиях.

Проведение предварительного тестирования особенностей решения когнитивных задач и оценки когнитивных ресурсов создает возможности для прогностической оценки вероятности срывов, ошибочных действий, снижения уровня оптимального выполнения при возникновении экстремальных условий в работе человека-оператора.

Благодарность: Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ; № проекта 19-013-00799

Литература

- [1] Блинникова И.В., Капица М.С. Цена тревоги // Прикладная юридическая психология. – 2011. – № 1. – С. 62–72.
- [2] Леонова А.Б., Блинникова И.В., Злоказова Т. А. Эмпирическая апробация батареи микроструктурных тестов для оценки когнитивных ресурсов профессионалов // Прикладная юридическая психология. – 2013. – № 4. – С. 39–49.

[3] Леонова А.Б., Блинникова И.В., Капица М.С. Трансформация системы когнитивных ресурсов при возрастании эмоциональной напряженности // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2019. – № 1. – С. 69–90.

[4] Eysenck M.W., Derakshan N., Santos R., Calvo M.G. Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory // *Emotion*. 2007. – Vol.7. – N 2. – pp. 336–353.

[5] Hockey G. R. L. Operator functional state as a framework for the assessment of performance degradation // *Operator Functional State* / G. R. L. Hockey, A. W. K. Gaillard, O. Burov (Eds) Amsterdam: IOS Press, 2003. – pp. 8–24.

СТАНОВЛЕНИЕ СТРУКТУР МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ МКС

Богомолов В.В., Поляков А.В.

(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г Москва)

Более двух десятилетий на околоземной орбите функционирует МКС.

В обеспечении полетов международных экипажей на МКС принимают участие медицинские специалисты всех стран-партнеров. Достигнута договоренность об интеграции всех привлекаемых медицинских сил и средств стран-партнеров для оказания медицинской поддержки любому из членов экипажа МКС.

Международное сотрудничество в области космической медицины формировалось в ходе реализации совместных международных проектов.

Основы международной космической кооперации, в том числе и в области космической медицины были заложены в рамках программы «Интеркосмос». В ходе подготовки и реализации полетов по этой программе удалось объединить усилия и организовать тесное научно-техническое сотрудничество российских специалистов с медицинским сообществом стран, принявших участие в проекте «Интеркосмос». Полученные в результате выполнения совместных научных медико-биологических исследований и экспериментов научные данные расширили представления о влиянии факторов космического полета на организм человека. Были разработаны новые образцы бортовых медицинских средств, внедрение которых способствовало повышению эффективности российской системы медицинского обеспечения космических полетов.

Большой вклад в развитие международного сотрудничества в области космической медицины внесла программа «Союз-Аполлон». В ходе ее выполнения были заложены основы российско-американского сотрудничества в области космической медицины.

В 90-х годах прошлого столетия был подготовлен план создания МКС с участием США, России, Канады, Японии и стран Европейского содружества.

Реализованные в период 1995–1998 гг. Россией (Роскосмос) и США (НАСА) проект «МИР – НАСА» и программа «МИР» – «Шаттл» стали первой, подготовительной фазой к проекту МКС. Специалисты НАСА в области космической медицины, не имеющие на тот период времени опыта обеспечения длительных космических полетов, познакомились с российской системой медицинского обеспечения длительных космических полетов. Одновременно отрабатывалось взаимодействие российских и американских медицинских структур, обеспечивающих профессиональную деятельность космонавтов/астронавтов, а также прорабатывались вопросы о создании единых подходов к перспективной системе медицинского обеспечения экипажей МКС, обсуждались и определялись принципы ее построения.

В длительных полетах по программе «МИР» – «Шаттл» для сохранения здоровья экипажей использовалась хорошо себя зарекомендовавшая российская система медицинского обеспечения.

Медицинское обеспечение коротких полетов экипажей многоразовых космических кораблей «Спейс Шаттл», в том числе и российских космонавтов, входящих в их состав, осуществлялось по американской схеме.

В полетах по программе «МИР» – «Шаттл» изучались и апробировались мероприятия обеих систем медицинского обеспечения. Наиболее эффективные отбирались и в последующем были использованы для обеспечения полетов экипажей МКС.

В результате выполнения программы «МИР» – «Шаттл» удалось отработать взаимодействие российских и американских медицинских специалистов, а также оценить эффективность как отдельных элементов, так и возможности российской и американской систем медицинского обеспечения в целом. Все положительное отбиралось и было использовано при создании системы медицинского обеспечения экипажей МКС.

В 1998 г. началась работа по созданию организационных форм системы медицинского обеспечения экипажей МКС. В ней приняли участие медицинские структуры всех стран-партнеров проекта МКС.

Были разработаны основные положения, касающиеся сохранения здоровья экипажей МКС, которые нашли отражение в статье 11.4 Меморандума о взаимопонимании по МКС. В статье изложены роль и ответственность многосторонних органов медицинского руководства МКС, принцип деятельности которых основан на консенсусе принимаемых решений.

Согласно положениям указанной статьи для медицинского руководства в проекте МКС сформированы: Многосторонний совет по медицинской политике (ММПВ); Многосторонний совет по космической медицине (MSMB) и Многосторонняя комиссия по медицинским операциям (ММОП).

Характер задач, решаемых многосторонними медицинскими органами, во многом определялся спецификой этапа функционирования МКС и особенностями выполняемых полетных операций.

Под руководством ММОР в настоящее время работают более 12 рабочих многосторонних медицинских групп. Деятельность групп специализирована и направлена на решение конкретных задач по одному из направлений медицинского обеспечения экипажей МКС.

При развитии в полете каких-либо нештатных ситуаций представители групп активно участвуют в решении возникающих проблем.

Для решения оперативных вопросов, связанных с медицинским обеспечением экипажей МКС, создана и функционирует на базе ЦУП-М и ЦУП-Х Интегрированная медицинская группа. Большой вклад в ее работу вносят полетные врачи, назначаемые от стран-партнеров.

Многолетний положительный опыт медицинского обеспечения показал эффективность медицинских структур, созданных для сохранения здоровья экипажей МКС.

Но в ближайшей перспективе ожидается начало нового этапа функционирования МКС, когда в дополнение к российским транспортным пилотируемым кораблям для ротации экипажей МКС будут использоваться американские коммерческие пилотируемые космические корабли.

Учитывая это, медицинские структуры МКС уже приступили к проработке вопросов, связанных с обеспечением безопасности полетов коммерческих пилотируемых космических кораблей. Большое внимание уделяется медицинской сертификации и обеспечению их экипажей.

Обсуждаются и вопросы обеспечения перспективных космических полетов за пределы низких околоземных орбит.

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ КОСМОНАВТОВ В ОТДАЛЕННОМ ПЕРИОДЕ

Бухтияров И.В., Бетц К.В., Тихонова Г.И.

(ФГБНУ «НИИ МТ», г. Москва)

Ушаков И.Б.

(ФГБУ ГНЦ ФМБЦ ФМБА России, г. Москва)

Воронков Ю.И.

(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)

Оценка последствий профессиональной деятельности на борту пилотируемых космических аппаратов для здоровья космонавтов является важнейшей составляющей дальнейшего успешного освоения космоса. К настоящему

времени космические полеты из минутных суборбитальных программ превратились в многомесячные орбитальные миссии, в течение которых космонавты вынуждены находиться и работать в таких условиях среды, которые не встречаются на Земле. Физические характеристики космического пространства, динамика полета, длительное пребывание в условиях кабины космического корабля – все это способствует развитию функциональных и соматических нарушений в организме человека, как во время полета, так и в послеполетном периоде.

Основными показателями состояния здоровья, на которые могут влиять условия труда космонавтов, являются заболеваемость с временной утратой трудоспособности, распространенность болезней различных органов и систем, травмы, а также продолжительность жизни и смертность, в том числе смертность от отдельных причин, как наиболее информативные показатели состояния здоровья в отдаленном периоде.

Выполненные к сегодняшнему дню исследования связи космических факторов биологического воздействия со смертностью российских и советских космонавтов показывают, что у космонавтов, имеющих опыт полета, риск смерти достоверно ниже, чем у мужского населения России (standardized mortality ratio, SMR=40 для всех причин за период с 1961 по 2014 год) [1]. Опубликованное в 2018 году американское исследование также показало достоверно более низкий риск смерти астронавтов по сравнению с населением США (SMR=72 для всех причин за период с 1960 по 2017 год) [2].

Однако оценить истинные последствия воздействия факторов космического полета на смертность космонавтов представляется затруднительным из-за сложности подбора группы сравнения. Космонавты перед вступлением в отряд подвергаются тщательнейшему медицинскому отбору, который продолжается в процессе подготовки к полету, что обеспечивает их лучшие исходные характеристики здоровья по сравнению с населением и другими профессиональными группами.

Американские авторы попытались нивелировать действие эффекта «здорового работника» посредством сравнения смертности астронавтов со смертностью профессиональных спортсменов (бейсболистов и баскетболистов), которые также подвергаются профессиональному отбору. Статистически достоверных различий в уровнях смертности астронавтов и спортсменов от всех причин не было выявлено, однако риск смерти от заболеваний сердечно-сосудистой системы для астронавтов оказался существенно ниже (SMR=39) [3].

Интерес российских и зарубежных авторов к проблеме состояния здоровья космонавтов обусловлен тем, что с течением времени космические полеты становятся более протяженными во времени и более удаленными от Земли, а

успех выполнения поставленных задач в первую очередь зависит от состояния здоровья и медицинского сопровождения космонавтов. Точное понимание последствий влияния неблагоприятных факторов космического полета на здоровье экипажа позволит в дальнейшем совершенствовать систему профилактики и продлить трудовое долголетие космонавтов.

В связи со сказанным, на наш взгляд, серьезного внимания, как группа для сравнительного анализа, заслуживают космонавты, которые были отобраны в отряд, но по той или иной причине не совершили полет в космос. Они также как и космонавты, имеющие опыт полета, прошли сложную процедуру медицинского отбора и последующую специальную подготовку. Кроме того, важным направлением исследования является изучение отдаленных последствий космического полета для здоровья космонавтов в зависимости от количества полетов, их продолжительности, часов внекорабельной деятельности. Изложенное указывает на необходимость дальнейших исследований в этой области.

Исследование выполняется при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-315-90023.

Литература

- [1] Ushakov IB, Voronkov YI, Bukhtiyarov IV, Tikhonova GI, Gorchakova TY, Bryleva MS. A cohort mortality study among Soviet and Russian cosmonauts, 1961–2014 // *Aerosp Med Hum Perform.* – 2017. – N 88(12). – pp.1060–1065.
- [2] Reynolds R.J., Day S.M. The mortality of space explorers. In: Russomano T., ed. *Into Space.* – London: IntechOpen. – 2018. – pp. 253–85.
- [3] Reynolds R.J., Day S.M. Mortality of US astronauts: comparisons with professional athletes // *Occupational and Environmental Medicine.* – 2019. – N 76(2). – pp. 114–117.

СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА (РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА «СПЛАНХ-1»)

**Валуев В.А., Агуреев А.Н., Дзех С.А., Афонин Б.В.
(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)**

Исследование электрической активности (ЭА) желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), проводившиеся на борту российского сегмента МКС по программе космического эксперимента (КЭ) «Спланх» были продолжены на 2 и 14 сутки после возвращения космонавтов на Землю с использованием аналога бортового 2-х канального гастроэнтерографа (Спланхографа). В КЭ применен метод накожной ЭГЭГ, позволяющий с электродов, расположенных на коже,

количественно оценивать величину ЭА основных отделов ЖКТ, по изменениям которой можно судить о состоянии их функциональной активности [1]. Регистрация ЭА отделов ЖКТ начиналась утром, натощак перед завтраком. Для оценки реакции на прием пищи и пассажа ее по ЖКТ, запись ЭГЭГ в автоматическом режиме продолжается во время завтрака и в течение 2-х часов после окончания приема пищи. Сравнительный анализ проводили относительно данных полученных в предполетный период и после 5 месяцев пребывания в КП.

Получены уникальные данные, количественно характеризующие ЭА основных отделов ЖКТ в восстановительном периоде (ВП) после длительного пребывания в условиях невесомости [2]. На 2-е сутки ВП ЭА ЖКТ натощак у большинства космонавтов существенно не отличалась от предполетных значений (таблица). Выявленное после 5 месяцев пребывания в условиях МКС снижение электрической активности всех отделов ЖКТ натощак на 2 сутки ВП не определялось. При этом увеличение ЭА при приеме пищи было в 2, а в ДПК в 3 раза больше, чем в предполетный период, что указывало на повышенную реактивность отделов ЖКТ в рефлексорную фазу.

Таблица

ЭА отделов ЖКТ натощак (%) по отношению к предполетным значениям на 2 и 14 сутки после завершения длительных КП

Отделы ЖКТ	Желудок	Тонкий кишечник			Толстый кишечник
		Двенадцатиперстная	Тошая	Подвздошная	
5 мес. КП	34±4,3	21±4,2	25±3,9	29±3,3	43±3,9
2 сут. ВП	96±3,8	116±5,6	115±5,7	103±6,8	114±7,1
14 сут. ВП	120±11,2	200±7,5	162±8,7	142±8,4	253±6,2

В 1-й час после приема пищи ЭА вернулась к предполетным значениям, а на 2-м часе опять значительно увеличилась – стала в 3–4 раза выше, чем перед КП. Такая динамика ЭА при приеме тест-завтрака, по-видимому, указывала как на торможение, так и наличие напряжения эвакуаторной функции ЖКТ на 2 сутки ВП.

На 14-е сутки ВП по сравнению со вторыми сутками у большинства космонавтов наблюдалось увеличение ЭА ЖКТ, значения которой во всех отделах стали выше предполетных, особенно в ДПК и толстом кишечнике. При этом увеличение ЭА при приеме пищи по сравнению со 2 сутками ВП стало в 1,5 раза более выраженным. На 14 сутки ВП имело место не только повышение ЭА натощак, но и увеличение рефлексорного ответа при приеме пищи, по-видимому, отражающее напряжение эвакуаторной функции ЖКТ. В 1-й час после приема пищи ЭА ЖКТ вернулась к предполетным значениям, а на 2-часе стала ниже предполетных значений, особенно в отделах тонкого

кишечника. Такая динамика могла отражать как восстановление ЭА и, следовательно, эвакуаторной функции ЖКТ, так и более выраженное замедление ответа на наличие пищи в желудке, имевшее место на 2 сутки ВП.

Литература

[1] А.Г. Михеев, Б.В. Ракитин, М.М. Трифонов Функциональная диагностика в гастроэнтерологии. – Москва, «Медпрактика-М», 2014. – 28 с.

[2] А.Н. Агуреев, Б.В. Афонин Проведение космонавтами исследований состояния пищеварительной системы в условиях космического полета на орбитальных станциях / Гагаринский сборник: Материалы XLIV Общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина. Гагарин, 2017. – С. 177–191.

КОМПЛЕКС ВЕСТИБУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТРЕНИРОВОК С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

**Гнатченко В.И., Симаева Л.М., Алексеев В.Н., Кобзев Е.А., Мироненко К.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

**Пестов С.И.
(АО «РТСофт», г. Москва)**

Вестибулярная подготовка является одним из основных направлений медико-биологической подготовки (МБП) космонавтов, которая проводится с 1961 года. Авторами был проанализирован архив заключений по вестибулярным исследованиям и тренировкам за весь период подготовки космонавтов. Целью анализа была формализация логики врача по формированию оценки уровня вестибулярной устойчивости космонавта путем выявления перечня качественных и количественных характеристик, участвующих в формировании оценки, определения весовых коэффициентов (уровня значимости) характеристик и решающих правил, оперирующих с этими характеристиками. Результаты анализа были положены в основу создания автоматизированной системы определения оценки вестибулярной устойчивости в процессе проведения исследования или тренировки, реализованной в комплексе вестибулометрических исследований и тренировок, функционирующем с 2018 года в медицинском управлении Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

В состав комплекса входит:

- вестибулометрическое кресло;
- компьютер;
- аппаратура съема и обработки физиологической информации в реальном времени;

- программное обеспечение анализа полученной в процессе исследования информации и ее хранения в базе данных (БД).

Комплекс обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматизированное управление вращением кресла;
- регистрацию физиологической информации, снимаемой с испытуемого в процессе исследования и ее обработку в реальном времени;
- ввод врачом формализованной информации по вегетативным проявлениям у испытуемого в процессе исследования;
- ввод врачом формализованной информации о самочувствии испытуемого;
- обработку информации, полученной в ходе обследования;
- автоматизированную оценку уровня вестибулярной устойчивости;
- сохранение результатов обследования в базе данных;
- формирование итогового протокола обследования с сохранением в базе данных, возможностью его экспорта в различные форматы и вывода на печать;
- анализ накопленной информации, просмотр динамики изменения уровня вестибулярной устойчивости испытуемого за указанный период времени;
- передачу протокола исследования в существующую в медицинском управлении автоматизированную медицинскую информационную систему медико-биологической подготовки и реабилитации космонавтов (АМИС МБП и РК) для централизованного хранения и информационной поддержки процесса принятия решения руководством МБП.

Прикладное программное обеспечение автоматизированного рабочего места врача (ППО АРМ-В) включает в свой состав программу АРМ-В, которая в процессе функционирования взаимодействует с двумя внешними программами – программой мониторингирования физиологических сигналов (Ms2005) и программой просмотра и анализа полученной информации в базе данных (МАИТ-02-V-A).

Программа Ms2005 в процессе исследования получает по интерфейсу RS-232 физиологическую информацию с медицинской аппаратуры, в реальном времени ее обрабатывает и представляет на экране видеомонитора кривые ЭКГ (три отведения) и фотоплетизмограмму, а также измеренные значения ЧСС, частоты дыхания, артериального давления (систолическое и диастолическое), SpO₂ (уровень насыщения крови кислородом). Указанная информация (кривые и измеренные значения параметров) записываются во временные файлы, которые в дальнейшем могут анализироваться и документироваться с помощью программы МАИТ-02-V-A.

Программа АРМ-В считывает информацию, записанную во временные файлы, обеспечивает ввод формализованной информации по вегетативным проявлениям у испытуемого по наблюдениям врача и информации о самочувствии испытуемого. По разработанным алгоритмам формирует оценку уровня вестибулярной устойчивости и протокол исследования, который сохраняет в БД, а также обеспечивает интерфейс при дальнейшей работе специалистов с информацией, хранящейся в БД.

Более чем годовой опыт эксплуатации комплекса вестибулометрических исследований и тренировок показал, что программа формирует оценку вестибулярной подготовленности близкую к оценке эксперта – специалиста по вестибулярной подготовке. Тем самым, комплекс вестибулометрических исследований и тренировок освобождает врача-исследователя от рутинной работы по обработке первичной инструментальной информации и формированию итоговой оценки вестибулярной устойчивости, что частично уменьшает субъективный подход в формировании оценки.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ ОПЕРАТОРОВ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Горский А.Н.

(Национальный авиационный университет, г. Киев)

Анализ деятельности операторов авиационно-космических систем (АКС) показывает, что их труд является одним из самых сложных видов деятельности и имеет свои особенности: необычные условия деятельности; разнообразие характера и содержания действий; возможность внезапного возникновения опасных ситуаций, несущих риск жизни экипажа [1].

Указанные особенности определяют специфику и сложность подготовки операторов АКС к решению профессиональных задач в нестандартных, особенно «нестатных ситуациях» (НшС).

Одной из наиболее специфических особенностей НшС является информационная неопределенность, как наиболее разрушительная компонента, дезорганизующая поведение человека, приводящая к нарушению не столько отдельных психических функций, сколько комплексного психического процесса - принятия решения [2].

НшС как психогенный стрессор, возникает внезапно и требует для осмысления распределения внимания между контролем текущим состоянием управляемого объекта и выработкой новых, незапланированных реализаций

умственных действий и моторных реакций. При этом изменяются характеристики психических функций и состояний, работоспособности, эффективности деятельности и т.д., то есть НшС воздействует на оператора в нескольких направлениях: когнитивном, эмоционально-поведенческом, социально-психологическом, вегетативном. Указанные условия, которые, по сути, являются экстремальными, могут привести к возникновению «трудных» психических состояний (подавленности, тревожности, растерянности, агрессивности), а также к нарушениям функционального состояния организма и профессиональной работоспособности [3].

В результате исследований ученых были определены ведущие свойства психики (оперативное мышление и антиципация), развитие которых обеспечивает успешность действий операторов в нестандартных ситуациях, предугадывая ход еще неразвернувшихся событий по отдельным признакам их развития [4].

Таким образом, возникает необходимость формирования у операторов АКС навыка формирования и реализации алгоритма действий в случае возникновения НшС с возможной разработкой модели когнитивной и управляющей деятельности оператора, а также развития технологий обучения оператора действиям в нестандартных ситуациях.

Решение подобной задачи считается возможным в рамках тезаурусного подхода. А именно, рассматривая процедуры мышления и принятия решения через призму формирования и динамичного изменения профессионального тезауруса личности и специалиста, как сложной многоуровневой системы понятий, терминов, вызывающих эти понятия из памяти человека, и связей между ними, характеризующейся открытой, иерархичной и динамичной структуризацией и служащей как для хранения имеющихся знаний и опыта человека, так и для добывания новых, реализации их в профессиональной деятельности [5].

Целесообразно рассмотреть гипотезу зависимости связанных характеристик профессионального тезауруса личности с эффектом непроникновения информации в сознание (из-за несоответствия терминологических ресурсов оператора терминологическим ресурсам ситуации) и алгоритмической фрустрации (требование упрощения изложения процедур и замены терминов на более понятные), а также деградацию профессионального тезауруса личности под влиянием эмоциональных нагрузок.

Считаем, что проведение подобных исследований является актуальной проблемой, решение которой позволит способствовать качественному изменению процесса подготовки операторов АКС, повышению надежности выполнения программ и обеспечению безопасности функционирования АКС.

Литература

- [1] Воробьев К.С. Подготовка космонавтов к решению профессиональных задач в нестандартных ситуациях [Текст]: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01: защищена 1999 г. / Воробьев Константин Семенович. – М., 1999. – 194 с. – Библиогр.: С. 172–194.
- [2] Благинин А.А. Психофизиологическое обеспечение надежности профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем [Текст]: дис. ... док. псих. наук: 19.00.03: защищена 2005 г. / Благинин Андрей Александрович. – СПб., 2005. – 350 с. – Библиогр.: С. 295–350.
- [3] Ушаков И.Б. История отечественной космической медицины (по материалам военно-медицинских учреждений) [Текст] / Игорь Ушаков, Виктор Бедненко, Эдуард Лапаев. – М.-Воронеж: Воронежский государственный университет, 2001. – 320 с., 21 см. Библиогр в конце разд. – 1000 экз. – ISBN-5-9273-0097-9
- [4] Береговой Г.Т. Космическая академия [Текст] / Георгий Береговой, Владимир Григоренко, Ростислав Богдасhevский, Иван Почкаев. – М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.: ил.; 24 см. – 15000 экз. – Библиогр.: С. 148–152.
- [5] Неволин И.Ф., Позина М.Б. Тезаурус – как показатель компетентности личности [Текст] // Вестник практической психологии образования. – 2010, – №2(23) – С. 69–73.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДСКАЗАНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИОПУЛЬМАЛЬНОГО НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Григорьев Е.Б., Красичков А.С., Шаповалов В.В.
(СПбГЭТУ ЛЭТИ, г. Санкт-Петербург)
Нифонтов Е.М.
(ПСПбГМУ им. И.П. ПАВЛОВА, г. Санкт-Петербург)

Кардиопульмональное нагрузочное тестирование (КПНТ) является надежным диагностическим инструментом, который предоставляет значимую диагностическую и прогностическую информацию о функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы человека [1]. Однако выполнение нагрузочного тестирования, особенно в конце нагрузочного протокола, на пике нагрузки, является довольно утомительным процессом для испытуемого.

Для уменьшения нагрузки для пациента было бы полезным выполнять не всю продолжительность нагрузочного протокола, а только его часть, а оставшуюся часть данных получать с помощью прогнозирования с учетом уже имеющихся данных. Цель данной работы заключается в попытке предсказания частоты сердечных сокращений и пикового потребления кислорода у индивидуума при выполнении кардиореспираторного нагрузочного теста с использованием данных, полученных на первоначальных ступенях теста.

Для разработки метода предсказания пиковой ЧСС и потребления кислорода были использованы 149 записей от больных с ХСН (97 мужчин и 52 жен-

щин), проходивших КПНТ на велоэргометре, которые были любезно предоставлены ФГБУ НМИЦ им. В.А. Алмазова.

Метод предсказания пикового значения потребляемого кислорода основывается на использовании данных, полученных на первых ступенях выполнения нагрузочного протокола, и состоит из следующих этапов:

- 1) Предсказание значения ЧСС на пике нагрузки;
- 2) На основе полученного предсказательного значения ЧСС на пике нагрузки, а также квадратичной аппроксимации зависимости изменения ЧСС на нагрузочном интервале происходит оценка длительности нагрузочного интервала;
- 3) С помощью линейной аппроксимации зависимости изменения потребляемого кислорода на нагрузочном интервале и оценки длительности нагрузочного интервала происходит предсказание пикового потребления кислорода.

В результате получено уравнение линейной регрессии для прогнозирования пикового ЧСС и пикового потребления кислорода. Описан метод прогнозирования пикового уровня потребления кислорода по данным, полученным на первых этапах нагрузочного протокола. Полученные результаты показывают высокую точность прогнозирования пикового значения ЧСС. Однако необходимо провести дополнительные исследования для уточнения уравнения линейной регрессии с целью повышения точности прогнозирования пикового потребления кислорода.

Литература

[1] Albouaini K., Egred M., Alahmar A., & Wright D.J. (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgraduate medical journal*, 83(985), pp. 675–682.

О СОСТОЯНИИ ПАРАМАКУЛЯРНОЙ И МАКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТЕЙ СЕТЧАТКИ У ЛЕТЧИКОВ И КОСМОНАВТОВ

Даниличев С.Н., Войтулевич Л.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Последствия длительных воздействий снижения уровня гравитации на процессы зрительного восприятия являются важнейшим фактором изменения работоспособности органа зрения человека в космическом полете и дальнейшей его профессиональной деятельности на Земле [1, 2].

Целью данных исследований явилось сравнение изменений в парамакулярной и макулярной области сетчатки у космонавтов, совершавших длительные космические полеты, и членов летных экипажей транспортной авиации.

Обследования проводились у 32 космонавтов, совершивших длительные космические полеты с 2013 по 2019 годы и 32 членов летных экипажей транспортных самолетов. Исследование проводилось монокулярно. Методы обследования состояли из клинических (визометрия, исследование световой чувствительности макулярной области сетчатки по программе Threshold Macula 1 автоматического периметра AP-5000 С (фирмы КОВА, Япония), фундусскопия обычная и по программе определения распределения пигмента в макулярной области MPD, оптическая когерентная томография (ОКТ) RNFL MACULA на оптико-когерентном томографе SPECTRLIS фирмы Heidelberg Engineering) и офтальмоэргонимических (визометрия кольцами Ландольта в аппарате Рота с 5 и 1 метра, визоконтрастометрия на частоты 0,3; 1,0; 4,0 и 8,0 цикл./град на компьютере по программе, разработанной в лаборатории физиологии зрения Института физиологии РАН профессором Шелепиным Ю.Е. и его сотрудниками, как метод измерения контрастной чувствительности зрительной системы с помощью черно-белых решеток Габора на фоне зрительного шума в виде черно-белых точек).

Острота зрения вдаль у летавших космонавтов статистически достоверно было хуже, чем у членов летных экипажей ($1,6 \pm 0,17$ и $1,7 \pm 0,27$; $p < 0,05$).

Контрастная чувствительность органа зрения у летавших космонавтов статистически достоверно была хуже, чем у членов летных экипажей на частоты 0,3 и 1,0 цикл./град ($p < 0,05$).

Световая чувствительность макулярной области у летавших космонавтов была статистически достоверно лучше в 3 точках из 21, чем у членов летных экипажей ($p < 0,05$).

Показатели оптической плотности макулярного пигмента по максимальной оптической плотности и средней оптической плотности у летавших космонавтов были статистически достоверно лучше, чем у членов летных экипажей ($p < 0,01$).

Показатели ОКТ-исследований макулярной области сетчатки у летавших космонавтов статистически достоверно были хуже по объему макулярной области ($p < 0,01$) и толщине слоя нервных волокон в височной 3–6 мм, в верхней 3–6 мм, нижней 3–6 мм, носовой 3–6 мм зонах пармакулярной области сетчатки ($p < 0,05$).

Таким образом, можно заключить, что некоторые морфо-физиологические изменения в макулярной и парамаккулярной областях сетчатки у космонавтов, совершивших длительные космические полеты, могут рассматриваться как изменения, специфичные для их профессиональной деятельности.

Литература

- [1] Bogomolov V.V., Kuzmin M.P., Danilichev S.N. On the issue of intracranial hypertension in astronauts under conditions of prolonged weightlessness // *Aerospace and Environmental Medicine*, No. 4, Volume 49, 2015. – pp. 54–58.
- [2] Kuzmin M.P. Risk assessment of increased intracranial pressure and edema of the optic nerve head in astronauts under conditions of prolonged weightlessness // *Aerospace and Environmental Medicine*, No. 4, 2013. – pp. 85–86.

ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМАКУЛЯРНОЙ И МАКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТЕЙ СЕТЧАТКИ У КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Даниличев С.Н., МIRONENKO К.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В последнее время большое внимание уделяется изучению перипапиллярного отека зрительного нерва под воздействием факторов длительного космического полета (ДКП) [1,2]. В отличие от классического отека у космонавтов и астронавтов в длительных космических полетах отмечаются незначительно выраженные его проявления, которые исчезают в первые сутки после полета [3]. Изменения в макулярной области сетчатки после ДКП изучены меньше.

Целью настоящих исследований явилось изучение изменений в макулярной областях сетчатки на 3 и 4 сутки после ДКП.

Обследования проводились у 13 космонавтов, совершивших длительные космические полеты с 2013 по 2019 годы. Исследование проводилось монокулярно. Методы обследования состояли из клинических (визометрия, исследование световой чувствительности макулярной области сетчатки по программе Threshold Macula 1 автоматического периметра AP-5000 С (фирмы KOVA, Япония), фундускопия обычная и по программе определения распределения пигмента в макулярной области MPD, оптическая когерентная томография (ОКТ) RNFL MACULA на оптико-когерентном томографе SPECTRLIS фирмы Heidelberg Engineering) и офтальмоэргонимических (визометрия кольцами Ландольта в аппарате Рота с 5 и 1 метра, визоконтрастометрия на частоты 0,3; 1,0; 4,0 и 8,0 цикл/град на компьютере по программе, разработанной в лаборатории физиологии зрения Института физиологии РАН профессором Шелепиным Ю.Е. и его сотрудниками, как метод измерения контрастной чувствительности зрительной системы с помощью черно-белых решеток Габора на фоне зрительного шума в виде черно-белых точек).

Острота зрения вдаль на 3–4 сутки после ДКП статистически значимо ухудшилась с $1,5 \pm 0,3$ до $1,4 \pm 0,3$ ($p < 0,01$).

Контрастная чувствительность органа зрения статистически достоверно ухудшилась на частоты 0,3 и 8,0 цикл./град ($p < 0,05$ и $p < 0,01$).

Световая чувствительность макулярной области на 3–4 сутки после ДКП статистически достоверно ухудшилась в 14 точек из 21 на 3–4 сутки после ДКП по площади распределения, максимальной оптической плотности, средней оптической плотности пигмента по сравнению с дополетными данными.

Показатели ОКТ исследований в парамакулярной и макулярной областях сетчатки на 3–4 сутки после ДКП статистически достоверно ухудшились в височной 3–6 мм, в височной 1–3 мм, центральной, носовой 1–3 мм зонах макулы по толщине слоя нервных волокон, а также по ее общему объему макулы, но увеличилась толщина хориоретинального слоя под макулярной областью.

Такие изменения, очевидно, связаны с повышенным фагоцитозом члеников колбочек сетчатки пигментным эпителием из-за нарушения кровоснабжения во внутренней сонной артерии под действием факторов космического полета.

Литература

- [1] T.H. Mader, C.R. Gibson, A.F. Pass, A.G. Lee, H.E. Killer, A.G. Lee. Optic disc edema in an astronaut after repeat long-duration space flight // J. Neuro-Ophthalmol. – 2013. – Т. 33 – pp. 249–255.
- [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 // J. // Neuro-Ophthalmol. – 2015. – Т. 35. – pp. 226–22.
- [3] В.В. Богомолов, М.П. Кузьмин, С.Н. Даниличев. К вопросу о внутричерепной гипертензии у астронавтов в условиях длительной невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. – № 4. – Т. 49. – С. 54–57.

АКТУАЛИЗАЦИЯ ИСТОРИИ ПЕРВЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ

Дворников М.В., Меденков А.А., Матюшев Т.В., Петров М.А.

(Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики) Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва)

История отечественной космонавтики изобилует примерами мужества и героизма отечественных космонавтов и достижений ученых и специалистов по обеспечению их профессиональной надежности и безопасности полетов. В значительной мере этому способствовали непосредственные воспоминания самих космонавтов [1]. К сожалению, со временем многое забывается или обрывается предположениями и представлениями, не совсем верными, ошибоч-

ными или искажающими реальное положение дел, особенно, на первых этапах развития отечественной пилотируемой космонавтики. Во многом, этому способствовал некоторый период закрытости проблем и имен отечественных первооткрывателей космоса, активное редактирование воспоминаний непосредственных участников этих событий, их литературная обработка с включением диалогов и эмоциональных оценок.

Со временем история подготовки и осуществления первых пилотируемых полетов пополнилась новыми данными из открытых для ознакомления документов, дневников, протоколов, воспоминаний и других публикаций [2]. В связи с этим появилась необходимость представления истории не отдельных аспектов создания космических аппаратов, системы жизнеобеспечения, полетного снаряжения, средств защиты и спасения космонавтов, их отбора, подготовки и тренировки, но и в целостном изложении работы организаций, учреждений и предприятий и специалистов, занимавшихся решением проблем подготовки и осуществления космических полетов [3]. Особой точности в историческом анализе требуют выводы, предположения и заключения о причинах сбоев и отказах в работе космической техники, а также происшествий при подготовке первого космического полета. В частности, это касается, кислородной среды в барокамере, в которой проводился сурдокамерный эксперимент с участием трагически погибшего В.В. Бондаренко.

Сегодня в стране и за рубежом не всегда упоминается факт проведения первых медико-биологических исследований и подготовки пилотируемых космических полетов сотрудниками Государственного научно-исследовательского испытательного института авиационной и космической медицины. Несмотря на публикацию новых документов [4] по-прежнему не должным образом отражается роль основоположника отечественной космической биологии и медицины В.И. Яздовского, зачинателя и руководителя этих исследований. В ранних изданиях ничего не говорится о тех сбоях в работе техники и опасностях, которые подстерегали первого посланца планеты в орбитальном полете. Не совпадают в воспоминаниях данные о том, кто и когда вывел «СССР» на шлеме скафандра Ю.А. Гагарина. Сохраняются разночтения в именах тех, кого первым встретил Ю.А. Гагарин на саратовской земле после выполнения исторического полета. В разных публикациях не полно или неточно упоминаются те, кто находился рядом с С.П. Королевым при управлении полетом и поддержании связи с Ю.А. Гагариным. Сегодня об этом говорится открыто и достаточно подробно. И, как оказалось, нисколько не умаляет сделанных конструкторами, инженерами и техниками уникальных разработок. Напротив, все это подчеркивает сложности, трудности и риски, стоявшие перед космическими первопроходцами. И ответственность принятых решений, обо-

снованных с учетом всех за и против осуществления запуска космического аппарата с человеком на борту.

Объективная оценка, как успехов, так и неудач, является неотъемлемой составляющей подходов к обоснованию будущих решений с учетом влияния всех возможных факторов и обстоятельств. Более полно и без мистификаций, распространенных за рубежом, представляется важным отразить активное участие в медико-биологической подготовке космических полетов испытателей Государственного научно-исследовательского испытательного института авиационной и космической медицины. Участие в этой подготовке специалистов Центрального военного клинического авиационного госпиталя также требуется дополнить не только в связи с отбором, но и вкладом в разработку методов оценки устойчивости организма к факторам полета. Нуждается в систематизации представление работы сотрудников Центра подготовки космонавтов и их участия в подготовке к первым полетам. Это же относится и к работе сотрудников Летно-исследовательского института им. Н.Е. Жуковского, в частности, изучению влияния кратковременной невесомости на организм человека [5].

В целях формирования основы для более полного и объективного описания содержания и результатов медико-биологических исследований и разработок, обеспечивших возможность подготовки и осуществления первых пилотируемых космических полетов, подготовлено справочное издание об отечественных деятелях авиационной и космической медицины [6]. Предприняты попытки представить непротиворечивое изложение истории создания и испытаний космической техники, а также отбора, подготовки и осуществления первых пилотируемых космических полетов [7]. Однако представляется, что это только начало коллективной работы по более полному и непротиворечивому представлению развития и воплощению в жизнь инженерной мысли и медико-биологических идей по обеспечения безопасности космических полетов. Важность и значимость этой работы переоценить трудно [8]. Ее результаты будут способствовать устранению досадных противоречий в изложении истории самоотверженной работы советских ученых и специалистов по обеспечению мирового приоритета в открытии эры покорения космоса, в торжестве отечественной науки и техники в решении проблемы первого выхода в открытый космос, в изучении влияния невесомости на функциональное состояние и работоспособность человека.

Литература

- [1] Ю.А. Гагарин. Дорога в космос: записки летчика-космонавта СССР. – М.: Воениздат, 1981.
- [2] Н.П. Каманин. Скрытый космос. Кн. 1. 1960–1963 гг. – М.: Инфортекст-ИФ, 1995. – 400 с.

- [3] Я.К. Голованов. Королев. Факты и мифы. – М.: Наука. 1994. – 800 с.
- [4] М.В. Бутрименко. Главный конструктор от медицины. – М.: Наука, 2018. – 340 с.
- [5] Л.А. Китаев-Смык. Проникновение в космонавтику. – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та систем упр. и радиозлектроники, 2016. – 253 с.
- [6] А.А. Меденков, С.Л. Рысакова, Т.В. Денисова. Деятели авиационной и космической медицины и психофизиологии. – М.: Полет, 2004. – 424 с.
- [7] А.А. Меденков, М.В. Дворников, О.А. Логунова, Н.Л. Фетисова. Медико-биологическая подготовка полета Ю.А. Гагарина // Авиакосмическая медицина, психология и эргономика. – 2019. – № 1. – С. 16–25.
- [8] М.В. Дворников, А.А. Меденков, О.А. Логунова, Н.Л. Фетисова. Полет Ю.А. Гагарина в истории авиационной и космической медицины // Авиакосмическая медицина, психология и эргономика. – 2019. – № 1. – С. 26–32.

СЕРТИФИКАЦИЯ ВРАЧЕЙ В АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ

Джержения С.Л.

(ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), кафедра медицины труда, авиационной, космической и водолазной медицины, г. Москва)

Медицинские отбор, медико-биологическую подготовку космонавтов, медицинский контроль деятельности экипажей в космических полетах и послеполетную реабилитацию осуществляют врачи по авиационной и космической медицине. Авиационная и космическая медицина (АКМ), как основная медицинская специальность введена в номенклатуру медицинских специальностей приказом МЗ РФ № 63 от 16.02.2004 г.

Приказ Минтранса Российской Федерации от 28 июня 2007 г. № 82 «Об утверждении федеральных авиационных правил» (ФАП) [1] предусматривает подготовку врачей и среднего медицинского персонала по авиационной медицине. ФАП не требуют наличия сертификатов специалиста. Федеральный же закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [2] утвердил в качестве необходимого документа сертификат специалиста. Приказ Минздрава России от 29.11.2012 № 982н [3] содержит подробный порядок выдачи и регламентирует форму сертификата специалиста.

Врачи по авиационной и космической медицине проходят повышение квалификации в основном без сертификации. Это обусловлено не только противоречием между приказом Минтранса [1] и ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [2], но и регламентацией подготовки авиационных специалистов приказом Минздрава РФ (МЗ РФ) от 8 октября 2015 г. N 707н [4], а так же приказом МЗ РФ от 29 ноября 2012 г. № 982н [3] и приказом МЗ РФ от 3 августа 2012 г. N 66н [5].

Согласно приказу МЗ РФ № 707н [4], первичная переподготовка по АКМ ограничена наличием у врача ординатуры, интернатуры или первичной аккредитации по терапии или общей врачебной практике. Поэтому сложилась ситуация, что, несмотря на то, что врачи по АКМ, согласно закону о сертификации, должны иметь соответствующий сертификат, без которого не имеют права осуществлять медицинское сопровождение отбора, медико-биологическую подготовку космонавтов, медицинский контроль деятельности экипажей в космических полетах и послеполетную реабилитацию, такового сертификата во многих случаях не имеют из-за несоответствия квалификационных характеристик. В ФАПах же сертификация не прописана совсем, как было сказано выше. Переход на аккредитацию медицинских работников ситуацию не исправит, так как массовое обучение в ординатуре (дает диплом и сертификат специалиста) врачей по авиационной и космической медицине невозможно, а требования к первичной переподготовке останутся прежними.

Приказ МЗ РФ от 3 августа 2012 г. N 66н [5], предполагающий возможность первичной переподготовки и повышения квалификации без наличия необходимых квалификационных характеристик, не решает проблему, так как требует в этом случае доказанного стажа по специальности. Врачи, проработавшие всю жизнь по специальности, такой стаж доказать не могут, поскольку числятся на других должностях. Очень сложно людям, отдавшим всю жизнь авиационной и космической медицине, понять, почему они не имеют право на сертификат специалиста.

Решение этого болезненного вопроса имеется в приказе МЗ РФ № 707н [4]. В нем прописаны должности авиационных врачей. Согласно приказу это выглядит так: невропатолог – врач по АКМ, начальник отдела – врач по АКМ, и т.д. То есть необходимо после лицензирования предприятия по АКМ менять штатное расписание и вводить соответствующие приказу должности. Но, как показывает практика, организации не торопятся вводить новые должности, а решить проблему через МЗ РФ не реально.

Литература

[1] Приказ Минтранса Российской Федерации от 28 июня 2007 г. № 82 «Об утверждении федеральных авиационных правил «Общие правила воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и требования к обслуживанию пассажиров, грузоотправителей, грузополучателей». -<http://yandex.ru/dokumenty-federalnye-pravila/> (дата обращения 13.09.2019).

[2] Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ. - URL: <https://www.kormed.ru/baza-znaniy/medicinskie-kadry/kvalifikacionnye-trebovaniya-k-medicinskih-rabotnikov/usloviya-i-poryadok-vydachi-sertifikata-spetsialista-meditsinskim-rabotnikam/#&hcq=P0bQrAr/> (дата обращения 5.07.2019).

[3] Приказ Минздрава РФ от 29.11.2012 № 982н «Об утверждении условий и порядка выдачи сертификата специалиста медицинским и фармацевтическим работникам, формы и технических требований сертификата специалиста» (с изменениями и дополнениями). - URL: <https://www.kormed.ru/baza-znaniy/medicinskie-kadry/kvalifikacionnye-trebovaniya-k-medicinskih-rabotnikov/usloviya-i-poryadok-vydachi-sertifikata-spetsialista-meditsinskim-rabotnikam/#&hcq=P0bQrAr/> (дата обращения 5.07.2019).

[4] Приказ Минздрава РФ от 8 октября 2015 г. N 707н «Об утверждении квалификационных требований к медицинским и фармацевтическим работникам с высшим образованием по направлению подготовки «здравоохранение и медицинские науки». - URL: <https://www.kormed.ru/baza-znaniy/medicinskie-kadry/kvalifikacionnye-trebovaniya-k-medicinskih-rabotnikov/usloviya-i-poryadok-vydachi-sertifikata-spetsialista-meditsinskim-rabotnikam/#&hcq=RzIQrAr/> (дата обращения 5.07.2019).

[5] Приказ Минздрава РФ от 3 августа 2012 г. N 66н «Об утверждении порядка и сроков совершенствования медицинскими работниками и фармацевтическими работниками профессиональных знаний и навыков путем обучения по дополнительным профессиональным образовательным программам в образовательных и научных организациях». - URL: <https://www.kormed.ru/baza-znaniy/medicinskie-kadry/kvalifikacionnye-trebovaniya-k-medicinskih-rabotnikov/usloviya-i-poryadok-vydachi-sertifikata-spetsialista-meditsinskim-rabotnikam/#&hcq=RzIQrAr/> (дата обращения 5.07.2019).

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СТИЛЕЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГРУППОВОЙ ВЗАИМОСВЯЗАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО МЕТОДИКЕ ГОМЕОСТАТ

Еськов К.Н.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)

Любая классификация предполагает разделение множества объектов на подмножества. В данной работе объектами классификации были показатели, характеризующие индивидуальные стили работы операторов.

Эти показатели формировались путем сочетанной оценки двух особенностей инструментальной деятельности оператора: уровня лидерской активности и уровня моторной активности. Моторная активность определялась как доля времени активных действий оператора за время выполнения совместной деятельности по методике Гомеостат, а лидерская активность – это доля времени моторной активности оператора, затраченной, как принято считать, на сознательное управление и отражающей интеллектуальную, осмысленную составляющую совместной деятельности.

Использовали три градации уровня лидерской активности: явный лидер, неочевидный лидер и не-лидер (педант). Каждый из них мог быть либо моторно-активным, либо моторно-неактивным. В результате образовались 6 классификационных групп (фасет), соответствующих 6 стилевым типам деятельности по методике Гомеостат.

Названия классификационных групп (словесно-описательные характеристики), а также их границы были образованы на основе экспертных представлений, опирающихся на многолетний опыт работы с методикой Гомеостат.

Наиболее частым вариантом стиля инструментального поведения является неочевидный лидер, который с одинаковой вероятностью может быть как моторно-неактивным, так и моторно-активным. Неочевидный лидер отличается от очевидного лидера менее выраженными, но все же заметными проявлениями лидерских особенностей поведения при выполнении методики Гомеостат.

Как проявлялись указанные стили не в усредненных показателях, а в реальных вариантах рассеивания индивидуальных данных, полученных при выполнении гомеостатических задач?

Судя по нашим данным, «чистый» стиль работы с методикой Гомеостат встречается намного реже, чем смешанный, и это соответствует общей закономерности, согласно которой в любой области исследования чистые классификационные типы встречаются реже, чем смешанные. Однако в том, что касается методики Гомеостат, и в смешанном стиле можно иногда выделить доминантную зону области рассеяния и по ней судить о преобладающей ориентации оператора на тот или иной стиль работы.

Классификация стилей работы по методике Гомеостат полезна тем, что она позволяет расширить наши представления о психофизиологических механизмах групповой взаимозависимой деятельности, лучше понять технологию этой деятельности. Важно подчеркнуть, что предлагаемую нами классификацию стилей работы можно было бы считать классификацией операторов по признаку стиля работы, но лишь в том случае, если бы стиль деятельности был внутренне присущим свойством человека, закрепленным в его личностной структуре. Установленные нами ранее гендерные различия в особенностях стиля указывают на его связь с личностью, поскольку гендерная роль человека является личностным свойством. Поэтому можно надеяться на то, что оператор в группе любого состава будет работать в одном и том же стиле, характеризующем его индивидуальный стилевой портрет. Однако не исключено, что индивидуальный стиль может испытывать и ситуационные влияния. Короче говоря, вопрос требует специального изучения. Если подтвердится, что стиль работы с методикой Гомеостат хотя бы отчасти является устойчивой характеристикой человека, откроется путь к изучению связи этого стиля с другими психологическими (а, может быть, и физиологическими) особенностями субъекта и, вместе с тем, к прогнозированию эффективности групповой взаимозависимой деятельности с его участием.

Разработанная применительно к методике Гомеостат классификация индивидуальных стилей инструментального поведения позволяет оценивать каждого оператора с точки зрения своеобразия его инструментального поведения, открывает путь к идентификации членов группы, препятствующих эффективному выполнению групповой взаимосвязанной деятельности.

ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ

Жернавков А.Ф., Войтулевич Л.В., Каспранский Р.Р.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)
Джалилова Д.Ш.
(МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

Исследовали показатели углеводного, азотистого, липидного, водно-солевого обмена, а также ферментов в крови у космонавтов (n=78) после длительных космических полетов.

Уровень глюкозы, являющейся одним из основных показателей углеводного обмена, имел тенденцию к повышению на 1 и 7 сутки после полета, однако различия не являлись статистически значимыми. По данным литературы в послеполетном периоде в большинстве случаев наблюдается умеренная гипергликемия, что обусловлено активацией симпатoadреналовой системы, развивающейся в первые дни реадaptационного периода.

Ранее изучение липидного обмена выявило разнонаправленные изменения содержания в крови триглицеридов и свободных жирных кислот после длительных космических полетов. По нашим данным, через 14 суток после полета показатели триглицеридов в крови статистически значимо увеличивались, а через 60 суток – нормализовались. При этом показатели липопротеинов высокой и низкой плотности не менялись во все исследованные сроки, а холестерина – имели тенденцию к повышению через 14 суток.

Показатели азотистого обмена – мочевая кислота и креатинин не изменялись во все сроки после полета, однако уровень мочевой кислоты имел тенденцию к повышению через 14 суток.

Уровень билирубина статистически значимо снижался на 1 сутки после полета, и нормализовался через 60 суток.

Активность ферментов аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ), осуществляющих в организме реакции переаминирования некоторых аминокислот, достоверно повышалась через 14 суток после полета, а через 60 – нормализовалась. Активности щелочной фосфатазы и гамма-глутамилтрансферазы не изменялись во все сроки после полета.

Показатели водно-солевого обмена – содержание натрия, хлора, фосфора и железа не изменялись, что согласуется с данными предыдущих исследований. Однако содержание магния и ионизированной фракции кальция снижалось через 14 суток после полета, а калия – увеличивалось через 14 и 60 суток.

Полученные результаты, по-видимому, являются проявлениями регуляторной перестройки после полета, и обусловлены комплексом факторов, таких как гравитация, изменение характера питания, реабилитационные воздействия.

ИТОГИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ОТБОРА КОСМОНАВТОВ 2018 ГОДА

**Злобина А.А., Шевченко Ж.Н., Васин А.В., Мусабаева К.Т.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Первичный профессиональный отбор на соответствие психологическим требованиям кандидатов в космонавты на основе второго открытого конкурса проводился в НИИ ЦПК в период с 21 июня 2017 года по 18 июля 2018 года.

Профессиональный психологический отбор представлял собой систему мероприятий, позволяющую путем психологических обследований претендентов оценить их психологические качества, необходимые для успешного выполнения профессиональной деятельности космонавтов. Мероприятия профессионального психологического отбора были проведены не только с целью качественного комплектования отряда космонавтов, но и для прогнозирования успешности обучения кандидатов посредством составления рейтинга претендентов, обладающих наиболее высокими профессиональными психологическими качествами, в том числе и обучаемостью.

При отборе претендентов на соответствие психологическим требованиям изучался и оценивался уровень развития профессионально важных психологических качеств, необходимых для успешной профессиональной деятельности космонавта. В процессе психологического обследования анализировались:

- биологически устойчивые психофизиологические параметры (типологические свойства высшей нервной деятельности, психомоторные качества, надежность операторской деятельности т.д.);
- особенности индивидуальных психических процессов и свойств (эмоциональных, познавательных, волевых);
- социально-психологические характеристики (степень профессионального самоопределения, направленность личности, коммуникабельность, склонность к лидерству, конформизм, наличие/отсутствие негативных психологических особенностей и др.).

Психологические качества претендентов оценивались по результатам специальных психологических мероприятий – психологических исследований, собеседований с претендентами, изучения первичных документов, характеризующих их жизнедеятельность, изучения данных наблюдения психологами-экспертами за кандидатами при проведении иных видов отбора.

Основные результаты психологического отбора:

Общее число претендентов, которые были допущены к участию в психологическом отборе – 101 человек.

Из них:

признаны «годен к специальным тренировкам» – 48 человек (47,5 %);

признано «не годен к специальным тренировкам» – 53 человека (52,5 %).

Анализ результатов психологического отбора кандидатов в космонавты показывает, что основными причинами отказа претендентам в дальнейшем участии в конкурсе явились следующие:

- отсутствие устойчивой мотивации;
- черты слабого типа высшей нервной деятельности;
- неадекватный уровень личных притязаний;
- тревожность с психической напряженностью, внушаемостью, мнительностью; эгоцентрическая направленность личностных интересов;
- неспособность работать качественно и продуктивно в условиях дефицита времени, низкая помехоустойчивость;
- конфликтность;
- разбросанность и неустойчивость интересов.

При этом следует подчеркнуть, что представленные причины были отмечены у неотобранных претендентов как единичные, так и сочетанные.

Для прогнозирования успешности обучения кандидатов в космонавты, прошедших все этапы отбора, были составлены рейтинги согласно степени выраженности профессионально-важных качеств. Практика составления рейтингов успешных кандидатов в космонавты зарекомендовала себя в предыдущем отборе (2012 г.).

Рейтинг кандидатов основывался на оценках по 10 бальной шкале с учетом коллегиального мнения психологической подкомиссии, а также на основе количественных психодиагностических показателей (объективные числовые данные, представленные в автоматизированных протоколах исследований).

Рейтинговые шкалы: 1) профотбор; 2) физическая подготовленность; 3) мотивация; 4) личностные особенности; 5) особенности межличностного взаимодействия; 6) профессионально-важные качества; 7) стрессоустойчивость; 8) операторские навыки; 9) зоны развития.

Составленный психологический рейтинг кандидатов был представлен для анализа Конкурсной комиссии по отбору кандидатов в космонавты для прогнозирования успешности обучения кандидатов в космонавты. Практика составления рейтингов успешных кандидатов в космонавты зарекомендовала себя в предыдущем отборе (2012 г.).

МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ К ДЕЙСТВИЯМ ПОСЛЕ ПОСАДКИ В ЛЕСИСТО-БОЛОТИСТОЙ МЕСТНОСТИ ЗИМОЙ

Киреев К.С., Заверюха А.С., Гришин А.П.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

С 2011 года тренировки космонавтов по автономному существованию в лесисто-болотистой местности в зимних условиях проводятся на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» в лесном массиве Звездного городка. Тренировки проводились в зимнее время (январь–февраль). Погодные условия варьировали в широких пределах. Температура окружающей среды во время тренировок находилась в интервале от -32 до $+3$ °С, ветер – от штиля до сильного порывистого ветра 10–15 м/с, осадки в виде обильного снегопада и мокрого снега, метель.

С 2011 по 2019 год в тренировках приняло участие 50 штатных и условных экипажей МКС, в составе 150 операторов, из них 13 женщин (8,7 %). В последующем, 40 штатных или частично штатных экипажей совершили успешный космический полет на МКС (таблица 1).

Таблица 1

Распределение космонавтов по группам

Группа	Количество	в %
космонавты РФ	50	33,3
астронавты НАСА	33	22
инструкторы	27	18
кандидаты в космонавты РФ	16	10,7
астронавты ЕКА	9	6
астронавты ДЖАКСА	7	4,7
астронавты ККА	4	2,7
УКП	2	1,3
другое	2	1,3

Для организации и проведения тренировок формируется испытательно-тренировочная бригада, в состав которой входит медицинская группа, осуществляющая непосредственный контроль за состоянием здоровья участников тренировок. В состав медицинской группы входят врачи медицинского

управления ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» и полетные врачи международных партнеров (НАСА, ДЖАКСА, ЕКА и ККА). Руководство группой осуществляется ведущим врачом по медицинскому обеспечению тренировок из состава врачей ЦПК.

Во время тренировок контроль за состоянием здоровья осуществлялся ежечасно посредством анализа радиообмена. Визуальный осмотр членов экипажей проводился 2 раза в сутки; при низкой температуре воздуха (ниже -20°C) – 4 раза в сутки. Во время осмотра проводился опрос на наличие жалоб, осмотр видимых участков кожи, измерение ЧСС, насыщение гемоглобина кислородом, а так же измерение в крови уровня оксида углерода.

В ходе медицинского контроля уровень оксида углерода у всех операторов не превышал допустимые показатели. Насыщение гемоглобина кислородом было в пределах нормы. ЧСС у всех операторов соответствовала условиям проведения тренировки и не превышала нормальных значений.

Потеря массы тела у операторов после тренировки распределилась неравномерно и составила от $-0,1$ до $-5,5$ кг за двое суток. Средняя потеря по всем операторам 2,1 кг.

За время проведения тренировок с 2011 года за медицинской помощью обратилось 32 оператора (таблица 2). Для двух операторов тренировки были прекращены по медицинским показаниям.

Таблица 2

Количество обращений за медицинской помощью

Диагноз	Количество	в %
повреждение кожных покровов	20	62,5
повреждение глаз	7	21,9
острый ринит, фарингит	3	9,3
нагрузочный тендовагинит	2	6,3

Основными повреждениями кожи являлись ожог 1–2 степени, обморожение 1–2 степени, контактный дерматит, ссадины, потертости кожных покровов, резаные раны.

Повреждения глаз проявлялись инородным телом, поверхностным кератитом и аллергическим конъюнктивитом.

В двух случаях тренировки были прекращены по медицинским показаниям: обморожение кожи носа 1 степени и резаная рана третьего пальца правой кисти.

Медицинская помощь во всех случаях обращений оказывалась своевременно и в полном объеме, что не привело к негативным последствиям.

Значимых отклонений в состоянии здоровья у операторов не было, все изменения функционального состояния носили преходящий характер.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ИЛЛЮЗИИ ДВИЖЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ТЕЛА В СИСТЕМЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГИПОГРАВИТАЦИИ

Ковалёв А.И., Чертополохов В.А.

(Факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва)

Худякова Е.П., Натура Е.С.

(НИИ космической медицины ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва)

Иллюзия движения собственного тела (или векция, от лат. vectio – перенос) представляет собой восприятие неподвижным наблюдателем перемещение собственного тела в пространстве во время просмотра движения стимула, занимающего значительную часть зрительного поля [1]. Изучение данного феномена является крайне важным для области космической психологии, поскольку возникновение иллюзии представляет собой нарушение в работе у человека системы определения положения и ориентации тела в пространстве, что в свою очередь, может привести к затруднениям в выполнении профессиональной деятельности [2]. Несмотря на долгие годы изучения векции, вопрос о психологических и психофизиологических механизмах данной иллюзии до сих пор остается открытым. В этой связи чрезвычайно интересным представляется изучение феноменологии векции при нахождении тела человека отличным от привычных условий. Таким положением, в частности, являются условия гипогравитации, возможность моделирования которых в лабораторных условиях была показана в ряде недавних исследований [3].

Целью данного исследования являлось изучение выраженности иллюзии движения собственного тела в условиях гипогравитации. Были выдвинуты следующие гипотезы: 1) Изменение ориентации тела наблюдателя приведет к увеличению выраженности векции; 2) Большая скорость наблюдаемого зрительного стимула приведет к большей выраженности иллюзии. Эксперимент проходил в рамках проекта «Селена», реализуемого НИИ космической медицины ФГБУ ФНКЦ ФМБА России. В исследовании приняли участие 9 испытуемых (мужчины в возрасте 18–36 лет), которые в течение 8 часов находились в условиях ортостатической гипокинезии (с углом наклона головного конца +9,6°). Стимуляция представляла собой виртуальный оптокинетический барабан, стенки которого были окрашены в чередующиеся черные и белые полосы. Ширина каждой полосы составила 12 угл. град. Барабан вращался вокруг испытуемого, помещенного в центр виртуальной среды, в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси по и против часовой стрелки со скоростями 30 и 60 угл. град/с. Длительность каждого вращения составила 2 мин, всего за одну серию каждому участнику предъявлялись 4 вращения (2 скорости x 2 направления). После каждого предъявления испытуемый оце-

нивал по шкале от 1 до 10 субъективные выраженность иллюзии, а также с помощью опросника «Симуляторное расстройство» отмечал выраженность дискомфортных симптомов (головокружение, тошнота и т.п.). Виртуальная сцена предъявлялась с помощью шлема виртуальной реальности Total Vision. Процедура эксперимента состояла из нескольких этапов. На первом фоновом этапе происходило предъявление стимуляции испытуемым при нахождении в положении сидя вертикально. На втором этапе стимул был предъявлен при нахождении в положении под наклоном в $9,6^\circ$. На последнем этапе стимуляция вновь предъявлялась испытуемым в положении сидя после нахождения в условиях ортостатической гипокинезии. Выявлены значимые различия ($p < 0,01$) как при сравнении показателей в разных положениях тела, так и при предъявлении стимуляции с разной скоростью вращения. Так, субъективная выраженность иллюзии и уровень дискомфорта при просмотре стимулов при нахождении тела в условиях гипогравитации значимо выше, чем в вертикальном положении. Также эти показатели в среднем выше для скорости вращения в 60 угл. град/с чем, при скорости вращения в 30 угл. град/с.

Таким образом, было обнаружено, что переживание иллюзии отличается при изменении ориентации тела в пространстве. Что доказывает связь возникновения векции с комплексной работой системы определения положения и ориентации тела в пространстве. Увеличение выраженности иллюзии в непривычных для сенсорных систем человека условиях косвенно свидетельствует об изменениях в работе систем интеграции сенсорной информации, что требует особого внимания при подготовке человека к длительному нахождению человека в условиях гипогравитации.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ №19-013-00799.

Литература

- [1] Palmisano S., Barry R.J., De Blasio F. M., Fogarty J. S. Identifying objective EEG based markers of linear vection in depth. // *Frontiers in psychology* – 2015 № 7 – p. 1205.
- [2] Меньшикова Г. Я., Ковалёв А.И. Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования // *Национальный психологический журнал*. – 2015. – №. 4 (20). – С. 91–103.
- [3] Баранов М.В., Катунцев В.П., Шпаков А.В., Баранов В.М. Метод наземного моделирования физиологических эффектов пребывания человека в условиях гипогравитации // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины* – 2015. – Т. 160. – № 9. – С. 392–396.

СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ ТРЕХГЛAVОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МИССИИ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Коряк Ю.А
(ФГБУ «ГНЦ РФ–ИМБП РАН», г. Москва)

Космонавты/астронавты, как известно, подвергаются сниженной физической активности из-за факторов микрогравитации. Потеря костной массы, мышечная атрофия, сердечно-сосудистая, нейро-вестибулярные и мышечные изменения являются одними из наиболее распространенных проблем, возникающих во время длительных космических миссий [1, 2]. Сниженная двигательная активность и/или невесомость вызывает изменение многих жизненно важных систем, в том числе нервно-мышечного аппарата (НМА), и в первую очередь отмечается снижение силы сокращения мышц. Снижение мышечной силы сопровождается снижением физической работоспособности и имеет ряд негативных последствий для здоровья [3, 4] и особенно по возвращению в гравитационные условия Земли. Эти изменения рассматриваются как адаптация систем к новым условиям существования. Физиологические изменения отмечаются как в изменении функций самих мышц, так и в их контроле со стороны ЦНС [5–8]. До настоящего времени сократительные свойства скелетных мышц у космонавтов исследовались при выполнении произвольных движений в условиях невесомости [9, 10] или в моделях имитирующих ее [11, 12]. В настоящем исследовании представлены результаты степени изменений функциональных свойств НМА на уровне отдельной скелетной мышцы в условиях *in situ* у человека после длительных космических полетов. Исследовались механические ответы постуральной антигравитационной мышцы [13] – трехглавой мышцы голени (ТМГ). Сократительные свойства ТМГ оценивали за 60 суток до и на 6 сутки после космического полета. Определяли изометрическую максимальную произвольную силу (МПС), силу одиночного сокращения (P_{oc}) в ответ на одиночный прямоугольный импульс супрамаксимальной силы, приложенный к *n. tibialis*, максимальную силу (P_o) тетанического сокращения мышцы в ответ на стимуляцию *n. tibialis* частотой 150 имп/с [14], время одиночного сокращения (ВОС), время полурасслабления ($1/2$ ПР), а также время нарастания произвольного и электрически вызванного сокращений до уровня в 25 %, 50 % и 75 % от максимума. Силовой дефицит (P_d) рассчитывали как дельта между МПС и P_o . После космического полета сократительные свойства ТМГ существенно изменялись. Так, P_{oc} и P_o уменьшились на 33 % и 8 %, соответственно. P_d , ВОС и время $1/2$ ПР увеличились на 44 %, 24 %, 9 %, соответственно. Градиент вызванного сокращения не изменялся, а произвольного – существенно уменьшился при достижении любого относи-

тельного уровня изометрического напряжения мышцы на 48 %, 63 % и 43 %, соответственно. Таким образом, полученные данные показывают, что, несмотря на выполнение ежедневных физических тренировок членами экипажей, послеполетные обследования обнаруживают нарушения со стороны нервно-мышечного аппарата, как в части периферических, так и центрально-нервных факторов управления произвольными движениями. Таким образом, сравнительное исследование функциональных свойств НМА у космонавтов до и после космического полета прямо указывает на необходимость разработки оптимальных программ тренировок для более длительных космических миссий.

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. Williams. Sensorimotor reconditioning during and after spaceflight. // NeuroRehab. – 2011. – V. 29. – P 185–195.
- [5] I.B. Kozlovskaya, V.A. Barmin, V.I. Stepanov, 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. – p. 131.
- [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. Tschann, 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 нейромuscularной системы у спортсменов. // ИМБП, – М. – 1992. – 63 с.

**«САРКОЛАБ»: МЫШЕЧНО-СУХОЖИЛЬНАЯ И НЕРВНО-МЫШЕЧНАЯ
АДАПТАЦИЯ К ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОМУ КОСМИЧЕСКОМУ ПОЛЕТУ**

Коряк Ю.А., Козловская И.Б.
(ФГБУ «ГНЦ РФ–ИМБП РАН», Москва)

Rittweger J., Sies W.
(German Aerospace Center)

Albracht K., Stäudle B.
(University of Applied Sciences, Aachen, Germany)

Laughlin M.
(Fondren Orthopedic Research Institute, Houston, Texas, USA)

Bottinelli R.
(University of Pavia, Italy)

Capri M., Franceschi C.
(University of Bologna, Italy)

Cerretelli P.
(CNR-IBFM, Segrate (MI), Italy)

Clarke M., Layne Ch., Reed J.
(University of Houston, Texas, USA)

Flück M.
(University of Zürich, Switzerland)

Gelfi C.
(University of Milan, Italy)

Narici M.
(University of Padova, Italy)

Микрогравитация (μG) вызывает глубокие изменения в различных системах и органах человека [1, 2]. После воздействия μG снижаются объем и сила мышц, костная масса, тонус мышц и жесткость мышечно-сухожильного комплекса [3–6], отмечаются нарушения в моторном контроле произвольного движения [1, 7]. Изменения в мышечной активности, проприоцепции и позе [8] сопровождаются гипергидратацией жидкости, что способствует повышению риска развития грыжи шейного и поясничного межпозвоночного диска [9]. Это изменения не клинически больного человека, а отражение «адаптационных» процессов, которые отрицательно влияют на физическую работоспособность человека [1] и становится особенно опасным на этапе возвращения космонавта в гравитационное поле Земли. Эксперимент «Сарколаб» предоставляет возможность для всестороннего анализа причин потери сократительных функций и нарушения в моторном контроле после пребывания в условиях μG с использованием интегративного подхода, позволяющего определить взаимодействие между мышечными, сухожильными и нервными изменениями. Для этого был разработан и поставлен на борт МКС изокинетическое устройство «MARES», позволяющее исследовать различные функции мышц

голеностопного и коленного суставов с использованием различных тестов. Так, с помощью ультразвуковой визуализации исследуется архитектура (длина и угол наклона волокон) мышц при их активном и пассивном состояниях, а МРТ мышц позволяет оценить степень изменения объема мышц. Эластические и механические свойства (мышечно-сухожильная и мышечно-суставная жесткость) мышц определяются путем изменения положения голеностопного сустава. Для оценки механических свойств Ахиллово сухожилия использовали ультразвуковое исследование. Сократительные функции мышц оцениваются по связи момент-суставной угол и момент-скорость, а также по скорости развития изометрического напряжения. Изменения в моторном контроле произвольного движения определяли при выполнении произвольного движения от минимального до максимального с минимальными различиями в развиваемых усилиях. Для оценки изменений нервно-мышечной активности осуществляли регистрацию ЭМГ мышц при выполнении произвольных движений, а также оценивали по изменению амплитудно-временных параметров сухожильного и моносинаптического рефлексов и электрических ответов мышцы. Утомляемость мышечного аппарата оценивали по выполнению произвольного ритмического теста в изометрическом режиме сокращения мышцы. Таким образом, эксперимент «Сарколаб» позволяет получить комплексное представление о воздействии μG на функции и степень управления мышечного аппарата, позволит ближе подойти к пониманию гравитационно-зависимых механизмов, определяющих мышечную адаптацию к долгосрочным космическим полетам.

Литература

- [1] 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.
- [2] N. Petersen, G. Lambrecht, J. Scott et al., N. Hirsch, M. Stokes, J. Mester. Postflight reconditioning for European Astronauts e A case report of recovery after six months in space. // *Musculoskeletal Sci. and Practice*. – 2017. – V. 27, – P. S23–S31.
- [3] 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.
- [4] Т.Ф. Миллер Влияние опорной афферентации на жесткостные свойства скелетных мышц. // Авт. канд. диссерт. – 2010. – С. 26
- [5] Yu. Koryak. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. I: Effect of 120 days of bed-rest without physical training on human muscle musculo-tendinous stiffness and contractile properties in young women. // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2014. – V. 114. – P. 1025–1036.
- [6] Yu. Koryak. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. II. Effect of 120-days of bed rest with physical training on human muscle contractile properties and musculo-tendinous stiffness in young women. // *Central Eur. J. of Sport Sci. and Med.* – 2015. – V. 11. – P. 125–143.

[7] I.B. Kozlovskaya, V.A. Barmin, V.I. Stepanov, N.M. Kharitonov. Results of studies of motor functions in long-term space flights. // Physiologist. – 1990. – V. 33 (Suppl. 1). – P. S1–S3.

[8] S. Wood, J. Loehr, M. Williams. Sensorimotor reconditioning during and after space-flight. // NeuroRehab. – 2011. – V. 29. – P. 185–195.

[9] D. Belavy, M. Adams, H. Brisby. Disc herniations in astronauts: what causes them, and what does it tell us about herniation on earth? // Eur. Spine J. – 2016. – V. 25. – P. 144–154.

ПУТИ ОТТОКА ВЕНОЗНОЙ КРОВИ ИЗ ПОЛОСТИ ЧЕРЕПА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРОВ МИКРОГРАВИТАЦИИ

Криушев Е.С., Морева Т.И.
(ФГУН «ГНЦ РФ-ИМБП РАН», г. Москва)

В эксперименте, моделирующем факторы космического полета, трехсуточной «сухой» иммерсии, исследовали кровоток по внутренней яремной вене (ВЯВ) и прямому венозному синусу (ПС). У 13 добровольцев, возраст которых составил $22 \pm 2,14$ года, методом УЗИ измеряли линейную скорость кровотока (ЛСК) и площадь поперечного сечения (ППС) ВЯВ и ЛСК по ПС до, после и ежедневно во время воздействия непосредственно в иммерсионной ванне [1].

Результаты исследования свидетельствуют о значительном, до 50 %, уменьшении площади поперечного сечения ВЯВ с тенденцией к уменьшению ЛСК по ВЯВ в первые сутки и достоверно значимым уменьшением по левой и по правой ВЯВ и на третьи сутки.

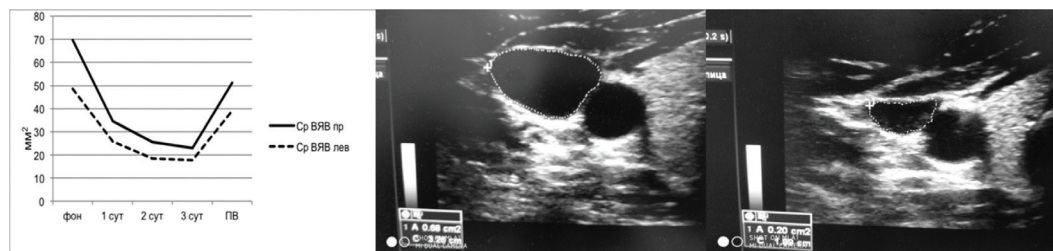


Рис.1. Динамика ЛСК (график) и ППС ВЯВ (УЗИ-изображение) в фоне и на 3-и сутки

Динамика ЛСК по ПС была различной: у 60 % испытуемых ЛСК увеличивалась, у 40 % – ЛСК не изменялась либо умеренно снижалась. Нами выделено 2 типа реагирования: тип 1 – с увеличением ЛСК и тип 2 – без увеличения ЛСК.

Полученные данные об уменьшении ЛСК и ППС ВЯВ, говорят о снижении функционирования основного югулярного пути оттока в первые трое суток воздействия. Этот факт косвенно указывает, что в данных условиях допол-

нительно включается альтернативный, вертебральный путь оттока венозной крови из полости черепа. [2] Известно, что югулярные вены обеспечивают отток венозной крови в основном в положении лежа, а в положении стоя они коллапсируют, и венозная кровь оттекает от области головы в основном по вертебральному пути. [3] Таким образом, иммерсионное воздействие в течение трех суток, судя по характеру оттока из полости черепа, занимает как бы промежуточное положение между горизонтальным и вертикальным положением человека.

Реакция типа 1 является более благоприятной, т.к. ускорение ЛСК по ПС компенсирует повышение внутричерепного венозного давления при иммерсионном воздействии. Реакция типа 2 менее благоприятна, так как косвенно свидетельствует о затруднении венозного оттока. Причины этого пока не ясны.

Лицам, участвующим в экспериментах с воздействием микрогравитации при изучении внутричерепной венозной гемодинамики необходимо проводить исследование церебральной венозной системы с помощью МР-венографии. Это может выявить наличие или отсутствие венозных аномалий, и пролить свет на механизмы нарушения венозного дренажа полости черепа в условиях действия факторов невесомости [4].

Литература

- [1] Морева Т.И., Криушев Е.С., Морева О.В., Пасекова О.Б. Влияние «сухой» иммерсии на кровоток по яремным венам и церебральному венозному синусу по данным ультразвуковых методов исследования. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. – Т. 52. – № 2. – С. 48–53
- [2] Lee A.B., Laredo J. Neville R. Embryological background of truncular venous malformation in the extracranial venous pathways as the cause of chronic cerebro spinal venous insufficiency. Int Angiol 2010, 29, 95–108
- [3] J. Gisolf, J. van Lieshout, K. van Heusden, F. Pott, W.J. Stok and J.M. Karemaker Human cerebral venous outflow pathway depends on posture and central venous pressure. J Physiol, V560 (2004). – pp. 317–327
- [4] Robert Zivadinov and Chih-Ping Chung. Potential involvement of the extracranial venoussystem in central nervous system disorders and aging. BMC Medicine 2013, 11, 260

О ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМНОЙ ОРИЕНТАЦИИ СЕНСОРОВ НОСИМОГО РЕГИСТРАТОРА УСКОРЕНИЙ

Кручинин П.А., Латонов В.В., Матвеев Д.С.

(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва)

Для измерения линейных ускорений и угловых скоростей во время орбитального полета, в рамках космического эксперимента «Изучение особенностей вестибулярной стимуляции в невесомости» разработан носимый регистра-

тор ускорений. Данное устройство представляет собой инерциальный датчик, включающий 3-х компонентный акселерометр, установленный на плате, позволяющей проводить автономную запись и систему светодиодных маркеров для видеоанализа. С помощью этого регистратора будут проводиться записи ускорений, воздействующих на голову человека во время полета. Для сравнительного анализа записи аналогичных движений предполагается провести и в наземных условиях. Акселерометры измеряют удельную силу, действующую на чувствительную массу прибора [1]. В условиях гравитации их показаниями является векторная разность ускорения и удельной силы тяжести. При определении ускорений в условиях гравитации из показаний акселерометра необходимо выделять составляющие, порожденные силой тяжести. Для решения этой задачи необходима информация о местной вертикали, которые содержатся в данных хорошо откалиброванной системы видеоанализа [2]. В этом случае необходимо решить промежуточную задачу определения матрицы T относительной ориентации инерциального блока и тела системы видеоанализа.

Рассмотрим следующую схему калибровочного эксперимента. Блок акселерометров жестко связан с телом, на котором закреплены маркеры системы видеоанализа. Вся конструкция закреплена на штативе, который дает возможность, поворачивать ее последовательно вокруг трех ортогональных осей. Тело устанавливается в N различных положениях, в которых оно остается неподвижным. Для каждого положения записывались данные акселерометров и системы видеоанализа. Система видеоанализа предоставляет данные о матрице B поворота тела видеоанализа относительно системы координат, одна из осей которой вертикальна.

Компоненты матрицы T находятся в результате решения системы уравнений $TBg = f + \delta$. Здесь g – вектор удельной силы тяжести, f – вектор показаний акселерометров, δ – их нули. Эта система содержит 12 неизвестных: 9 компонент матрицы T и три компоненты вектора δ . Эта система уравнений решалась методом наименьших квадратов.

Матрица T получалась неортогональной. В результате ее ортогонализации вычислялись оценки углов отклонения осей чувствительности акселерометров от перпендикулярности, а в результате нормализации вычислялись оценки масштабных коэффициентов.

Для опробования алгоритмов использовались результаты экспериментов проведенных в лаборатории МОИДС МГУ с применением системы видеокamera ARTtrack с набором маркеров и система фирмы Total Vision с инерциальным блоком MPU-9250. В ходе эксперимента тело видеоанализа с закрепленным на нем трехкомпонентным акселерометром устанавливалось в штатив, который поворачивался в 40 различных положений.

Для оценки стабильности алгоритма использовались результаты обработки данных для 4-х различных выборок по 10 записей. Разброс значений углов ориентации, соответствующих матрице поворота, полученных по выборкам не превысил 1°. Разброс в определении значений масштабных коэффициентов не превысил 4 %. Оценка неортогональности чувствительных осей акселерометра в среднем составила 0.8°. Такой алгоритм оказался эффективнее варианта, предполагающего ортогональность приборных осей акселерометра [3].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-00-01590.

Литература

[1] Ишлинский А.Ю. Механика относительного движения и силы инерции. – М.: Наука, 1981. – 191 с.

[2] Бобылев А.Н., Кручинин П.А., Чертополохов В.А. Совместная обработка показаний инерциального блока и системы видеоанализа // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 10(159). – С. 97–103.

[3] Кручинин П.А., Латонов В.В., Матвеев Д.С. Определение взаимной ориентации инерциального блока и тела системы видеоанализа // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Аннотации докладов. — РИЦ БашГУ Уфа, 2019. – С. 315

СИСТЕМА ПЛАЗМЕННОГО ГЕМОСТАЗА У ДОБРОВОЛЬЦЕВ-ИСПЫТАТЕЛЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТА «SIRIUS-2019»

**Кузичкин Д.С., Журавлева О.А., Маркин А.А., Кривицина З.А., Логинов В.И.,
Заболотская И.В., Вострикова Л.В.**

**(Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки Государственный
научный центр РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)**

В ходе предыдущих исследований в экспериментах с длительной изоляцией («Марс-105», «Марс-500») выявлены изменения, указывающие на снижение прокоагулянтного потенциала [1, 2]. Цель данного исследования – изучение особенностей функционирования системы гемостаза у испытуемых в эксперименте с 120-суточной изоляцией в гермообъеме с применением интенсивного режима физических нагрузок.

В настоящей работе проводилось обследование шести испытуемых-добровольцев обоего пола в возрасте от 28 до 44 лет. Взятие венозной крови осуществлялось в фоновом периоде за 31 сутки до начала эксперимента, на 37, 63, 120-е сутки изоляции, а также на седьмые и 14-е сутки периода восстановления (ПВ). В цитратной плазме определяли концентрацию фибриногена, Д-димера (ДД), плазминогена, антитромбина III, протеина С и альфа-2-ан-

типлазмина, величину тромбинового времени, активированного частичного тромбопластинового времени (АЧТВ), протромбинового времени.

В ходе эксперимента обнаружено снижение уровня ДД во все сроки воздействия и повышение его в ПВ. Также выявлено укорочение АЧТВ в ПВ. Остальные параметры варьировали незначительно.

Д-димер является одним из дериватов фибрина, образующийся при лизисе последнего плазмином. Его уровень определяется соотношением активности процессов фибринообразования и фибринолиза на протяжении нескольких дней до взятия пробы, причем в отсутствии патологических сдвигов лимитирующим процессом является фибринообразование. Физическая активность в эксперименте способствовала повышению скорости циркуляции крови, при этом, вероятно также повышалась интенсивность деградации дериватов фибрина в печени. Высокая скорость кровотока могла препятствовать адсорбции факторов коагуляции на фосфолипидных мембранах и полимеризации фибрина, снижая тем самым уровень фибринообразования [3, 4, 5]. Повышение уровня ДД и потенциала свертывания по внутреннему пути в ПВ, вероятно, также обусловлено изменением реологических характеристик крови.

Таким образом, комплекс факторов изоляции в сочетании с физическими нагрузками способствует снижению уровня фибринообразования и соответственно фибринолиза, однако в ПВ происходит повышение прокоагулянтной активности.

Литература

- [1] Кузичкин Д.С., Маркин А.А., Моруков Б.В. Показатели системы гемостаза в эксперименте со 105-суточной изоляцией в гермообъеме. // Физиология человека. – № 3. – 2011. – Т. 37. – С. 129–131.
- [2] Кузичкин Д.С., Маркин А.А., Воронцов А.Л., Моруков Б.В., Журавлева О.А., Заболотская И.В., Вострикова Л.В. Комплексная оценка системы гемостаза у испытуемых в эксперименте «Марс-500». // Авиакосмическая и экологическая медицина. – № 3. – 2015. – Т. 49. – С. 19–24.
- [3] Долгов В.В., Свирин П.В. Лабораторная диагностика нарушений гемостаза. М.: Триада, 2005. – 227 с.
- [4] Beltrami E., Jesty J. The role of membrane patch size and flow in regulating a proteolytic feedback threshold on a membrane: possible application in blood coagulation // Math. Biosci. – № 1. – 2001. – V. 172. – p. 1–13.
- [5] Deng X. Y., Karino T., Guidoin R. Particle adhesion to a semi-permeable wall exposed to flow disturbance: Simulation of the transport of blood components. // Haemostasis. – 1996. – V. 26. – p. 218.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СМЕШАННОГО МЕЖДУНАРОДНОГО ЭКИПАЖА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЧЕТЫРЕХМЕСЯЧНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

**Кузнецова П.Г., Виноходова А.Г., Федяй С.О.
(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, Москва)**

Перспективы освоения человечеством Луны и Марса предполагают необходимость длительной продуктивной работы международных смешанных экипажей в экстремальных условиях длительных космических полетов и напланетных поселений. Моделирование подобных условий в гермокамерных экспериментах позволяет выделить основные проблемы во взаимодействии изолированных малых групп и найти подходы к их решению.

По данным полетных экспериментов и исследований, моделирующих длительные космические полеты, была обнаружена связь между уровнем тревожности, коммуникативными стратегиями, эмоциональной экспрессивностью человека и его социальной ролью в экипаже [1, 2]. Личностные качества членов экипажа и их коммуникативные навыки могут способствовать установлению благоприятного климата в экипаже или провоцировать эмоциональную напряженность и конфликтные ситуации [3].

Цель работы – изучение взаимосвязи психологической устойчивости личности и успешности адаптации в смешанном международном экипаже при моделировании факторов длительного космического полета.

Задачами исследования было выявление взаимосвязи между личностными особенностями, уровнем тревожности членов экипажа и особенностями их взаимодействия в смешанном международном экипаже, в частности, динамики статусной структуры и сплоченности группы, а также оценка взаимного восприятия и взаимоотношений в экипаже.

Исследование проводилось в рамках международного эксперимента «СИРИУС 19». В течение четырех месяцев (120 суток) моделировался перелет к Луне, а также исследовательская и операторская деятельность экипажа на орбите спутника Земли. В эксперименте приняли участие 6 добровольцев: трое мужчин и трое женщин, граждане России и США, в возрасте от 28 до 44 лет.

Для решения поставленных задач использовались следующие методы: раз в две недели проводились классическая социометрия для оценки предпочтений при взаимодействии в экипаже, статусной структуры группы и групповой сплоченности, а также методика PSPA для изучения самовосприятия и межличностного восприятия. Для оценки текущего эмоционального состояния и интенсивности тревоги раз в неделю использовался тест цветовых выборов М. Люшера. До начала эксперимента обследуемые члены экипажа заполни-

ли тест эмоционального интеллекта «ЭмИн» Д.В. Люсина и типологический опросник Кейрси, а также прошли исследование с помощью компьютеризированной методики «Релаксометр» для оценки способности к произвольной психофизиологической саморегуляции, которая определяет устойчивость человека к стрессу. После окончания эксперимента они вновь заполнили опросник ЭмИн и выполнили тестирование на устройстве «Релаксометр».

Результаты: В ходе эксперимента группа отличалась довольно высокой сплоченностью. По данным опросника Кейрси, все члены экипажа обладали некоторым типологическим сходством – у всех преобладала высокая ориентация на результат и опора на конкретику в восприятии. Четверо обследуемых (двое мужчин и две женщины) обладали низкой тревожностью, в то время как у двух добровольцев уровень тревожности был средним.

Способность к психофизиологической саморегуляции удалось корректно измерить у четырех из шести членов экипажа. Получены интересные результаты у 2-х членов экипажа с более высоким, чем у других, уровнем тревожности: так, более популярный член экипажа значительно развил свою способность к саморегуляции за период пребывания в изоляции, в то время как менее популярный участник – существенно снизил.

По данным опросника на эмоциональный интеллект пятеро членов экипажа отметили изменения после изоляции: трое более высоко стали оценивать свои способности к восприятию своих и чужих эмоций (двое из них также отметили рост способности к управлению эмоциями окружающих). Два члена экипажа, напротив, отметили снижение этих качеств.

Выводы. Предположительно, социальная поддержка со стороны экипажа, позволила одному из менее устойчивых его членов развить способности к психофизиологической саморегуляции.

Литература

- [1] Tafforin C., Vinokhodova A., Chekalina A. et al. Correlation of etho-social and psychosocial data from «Mars-500» interplanetary simulation // Acta Astronautica. – June–July. – 2015. – V. III. – P. 19–28.
- [2] Юсупова А.К., Швед Д.М., Гушин В.И. и др. Предварительные результаты космического эксперимента «Контент» // Авиакосм. и экол. мед. – № 3. – 2018. – Т. 52. – С. 28–37.
- [3] В.И. Лебедев. Личность в экстремальных условиях. – М.: Политздат, 1989. – 304 с.

**ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ
КАЧЕСТВ МЫШЦ НОГ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ПОЛЕТА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНОГО ОБЪЕМА НАГРУЗКИ
В РЕЗИСТИВНОЙ ТРЕНИРОВКЕ**

**Кукоба Т.Б., Бабич Д.Р., Фомина Е.В.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

При подготовке космонавта к выполнению межпланетной миссии необходимо подобрать оптимальные параметры нагрузки в силовой тренировке, используемой в процессе полета так, чтобы пик физической формы пришелся на момент высадки человека на небесное тело. От скорости восстановления силовых способностей мышц будет зависеть эффективность выполняемой деятельности, требующей проявления силы и силовой выносливости.

В орбитальных полетах система профилактики гипогравитационных нарушений решает задачи поддержания уровня физической подготовленности как можно ближе к уровню до полета, а также содействие успешной реадaptации после его завершения. Средствами российской системы профилактики гипогравитационных нарушений являются физические тренировки. Это ежедневные строго регламентированные локомоторные тренировки, выполняющиеся космонавтами на беговой дорожке и чередующиеся через день силовые тренировки на тренажере ARED и тренировки на велоэргометре [1]. Исследования показали, что большая вариативность объема нагрузки наблюдается в силовых тренировках космонавтов. Оптимальное дозирование нагрузки в силовой тренировке в ходе космического полета позволит в некоторой степени купировать снижение скоростно-силовых качеств мышц [2, 3].

Цель исследования – определить влияние величины «весовой» нагрузки в силовой тренировке, выполняемой в ходе космического полета на динамику реадaptации к условиям Земли.

В исследовании представлены данные 36 обследований 25 космонавтов, выполнивших полеты продолжительностью от 143 до 201 суток.

По результатам анализа самоотчетов космонавты были разделены на две группы в зависимости от объема нагрузки, применявшегося в упражнениях для мышц ног на тренажере ARED в резистивной тренировке в ходе полета. Объем нагрузки в тренировке у космонавтов группы А (n=27) складывался из 30 и более повторений упражнения в каждом из 3 подходов с «весом отягощения» от 70 до 130 % от веса тела космонавта на Земле (BW). Объем нагрузки в резистивной тренировке космонавтов группы Б (n=9) был значительно меньше, чем группы А. У пяти космонавтов группы Б объем нагрузки на тренажере ARED в тренировке складывался из 3 подходов по 16 повторений в каждого

упражнения с «весом отягощения» менее 30 % от BW. Четыре космонавта группы Б не использовали тренажер во время полета.

Оценку динамики изменений физических качеств выполняли по результатам изокинетического тестирования (силовой динамометр Sybex) на основе регистрации моментов силы и силовой выносливости мышц ног космонавтов. Тестирование проводили за 30 и 60 суток до космического полета и на 4 и 15 сутки после его завершения. Регистрировали максимальные моменты силы мышц бедра и голени на угловых скоростях 60°/с, и 30°/с, выполняли по 5 попыток. Выносливость мышц бедра определяли на угловой скорости 120°/с при выполнении 22 сгибаний и разгибаний ноги в коленном суставе. При оценке изменений скоростно-силовых показателей за 100 % брали исходный уровень развития силы и силовой выносливости до космического полета.

Результаты исследования показали, что наибольшие потери на четвертые сутки после полета выявлены по всем изучаемым показателям в группе Б, то есть в той группе, где объем нагрузки в силовой тренировке во время космического полета был значительно меньше, чем в группе А ($P \leq 0,001$). Также в группе Б за пятнадцатидневный период реадaptации выявлено дальнейшее снижение силы мышц ног в сравнении с четвертыми сутками после полета. В группе А к пятнадцатым суткам не наблюдалось изменений силы в сравнении с четвертыми реадaptации, силовая выносливость флексоров бедра не значительно увеличивалась.

Таким образом, использование в условиях космического полета в силовой тренировке «веса отягощения» от 70 % до 130 % от веса тела космонавта на Земле способствовало поддержанию уровня всех обследованных показателей, выявленного на четвертые сутки реадaptации.

Работа поддержана грантом РФФИ №17-04-01826.

Обследования космонавтов, участвовавших в экспедициях на МКС до 2009 года, выполнялось при поддержке базовым финансированием РАН 63.1.

Литература

- [1] Козловская И.Б. Система профилактики в длительных космических полетах / И.Б. Козловская, И.Д. Пестов, А.Д. Егоров // Авиакосмическая и экологическая медицина – 2008. – Т. 42, № 6. – С. 66–73
- [2] Григорьева Л.С., Козловская И.Б. Влияние невесомости и гипокинезии на скоростно-силовые свойства скелетных мышц человека // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1987. – Т. 21. № 1. – С. 27–30.
- [3]. Trappe S. Costill, P., et al. Exercise in space: human skeletal muscle after 6 months aboard the International Space Station // Apply Physiology. 2009. V. 106. № 4. P. 1159–1168.

ПРОТЕАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ КРОВИ ПРИ РАЗВИТИИ ОТВЕТА ОСТРОЙ ФАЗЫ, ИНДУЦИРОВАННОГО ЭКСТРЕМАЛЬНЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ

**Ларина О.Н., Беккер А.М.
(ФГБУН ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

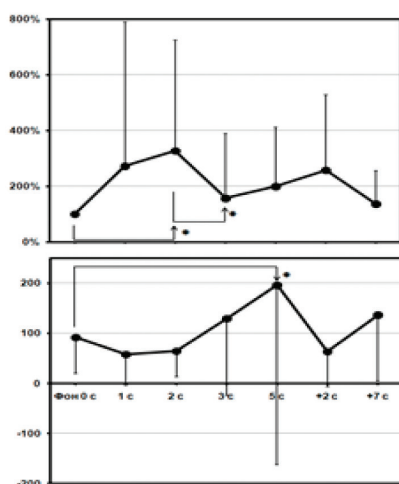
Моделирование физиологических эффектов микрогравитации позволило выявить на начальных стадиях адаптации к воздействию признаки развития ответа острой фазы. Ответ острой фазы (ОФО, реакция острой фазы) представляет собой ранний неспецифический системный ответ организма на локальные или системные нарушения, индукция которого сопряжена с активацией стресс-чувствительных протеинкиназ, переводящих в активное состояние факторы транскрипции, которые, в свою очередь, стимулируют синтез пептидных цитокинов-медиаторов острофазного ответа в клетках иммунной системы. Поступающие в кровеносную систему цитокины ОФО взаимодействуют с клетками печени, избирательно изменяя в них синтез секреторных белков крови (белков острой фазы). Индукция острофазного ответа сопровождается повышением функциональной активности иммунных клеток, что проявляется в увеличенной выработке супероксидного анион-радикала, а также в высвобождении протеолитических ферментов, таких как эластаза и катепсины. Нейтрофильная эластаза участвует в естественной деградации белков межклеточного матрикса, и, кроме того, может регулировать ОФО благодаря своему стимулирующему воздействию на синтез одного из медиаторов ОФО интерлейкина-6. Плазматические белки острой фазы, обладающие свойствами ингибиторов протеолитических ферментов ($\alpha 1$ -ингибитор протеолиза, или $\alpha 1$ -антитрипсин, а также $\alpha 1$ -антихимотрипсин и $\alpha 2$ -макроглобулин), связывают протеазы и ограничивают рост протеолитической активности крови.

В эксперименте с «сухой» иммерсией продолжительностью 5 суток, проводившемся на базе ГНЦ РФ–ИМБП РАН, обследовано 12 испытуемых-добровольцев в возрасте от 21 до 44 лет. В плазме венозной крови во время иммерсии и в период реадaptации после ее окончания определяли концентрацию эластазы полиморфноядерных нейтрофилов иммуноферментным методом и проводили иммунотурбидиметрическое определение концентраций белков острой фазы: $\alpha 1$ -антитрипсина ($\alpha 1$ -АТ), $\alpha 1$ -кислого гликопротеина ($\alpha 1$ -AGP), $\alpha 2$ -макроглобулина ($\alpha 2$ -М), церулоплазмина (Cer), гаптоглобина (Hr), С-реактивного белка (CRP).

В начальные сроки иммерсии наиболее заметной тенденцией был рост концентрации эластазы в крови испытуемых, что указывает на активацию нейтрофилов в ходе адаптации к условиям эксперимента. При этом у 6 обследуемых концентрация нейтрофильной эластазы более чем в 2 раза пре-

высила фоновый уровень, а максимальные изменения составляли 800 %. В течение иммерсии происходил прогрессивный рост плазматического уровня ингибиторов протеолиза α 1-АТ и α 2-М, что способствовало компенсации избыточной протеолитической активности крови. Однако молярное отношение α 1-антитрипсин:эластаза не было стабильным во время эксперимента, средние значения этого показателя изменялись синхронно со сдвигами концентрации эластазы, но имели противоположную направленность. Первые 2 суток пребывания в иммерсии характеризовались значительным (в среднем на 50 %) снижением отношения α 1-антитрипсин:эластаза, в последующем наблюдался рост показателя, а на 5 сутки эксперимента он вдвое превысил исходный уровень.

Динамика концентрации эластазы в исследовании с иммерсией показала наличие эпизодов усиленного высвобождения этого фермента из иммунных клеток крови, обусловленного развитием ответа острой фазы. Интенсификация синтеза белков острой фазы, выполняющих функции ингибиторов протеолитических ферментов, позволила компенсировать изменения протеазной активности крови в условиях эксперимента. Таким образом, кратковременное пребывание в иммерсии было связано со значительным повышением содержания нейтрофильной эластазы в крови испытуемых, что является дополнительным признаком активации механизмов реакции острой фазы на начальных стадиях адаптации к условиям, имитирующим воздействие невесомости. Развертывание ОФО сопровождалось усилением синтеза белковых ингибиторов протеолиза, купирующих избыточную активность нейтрофильной эластазы в крови.



Содержание нейтрофильной эластазы в крови (% к фону)

* $p < 0.05$

Молярное отношение α -АТ: эластаза

* $p < 0.05$

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ У ИСПЫТАТЕЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ СО 120-СУТОЧНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ В ГЕРМООБЪЕМЕ

Маркин А.А., Журавлева О.А., Кузичкин Д.С., Вострикова Л.В.,
Заболотская И.В., Логинов В.И.

(ФГБУ науки ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)

Введение. Длительное нахождение человека в орбитальном космическом полете приводит к формированию изменений значений показателей, характеризующих различные стороны обмена веществ. Во время полета метаболические изменения были обнаружены у членов экипажей на орбитальных станциях «SkyLab», «Салют», «Мир», Международной космической станции (цит. по [1]).

Современное состояние медицинского приборостроения не позволяет провести всестороннее обследование космонавтов непосредственно в полете, поэтому изучить особенности метаболических процессов во время пребывания в невесомости можно пока только в наземных аналоговых экспериментах. Модель с изоляцией в гермообъеме (ИГ) позволяет воспроизвести действие на организм основных факторов космического полета за исключением микрогравитации.

Материалы и методы. В международном эксперименте со 120-суточной ИГ «SIRIUS 19», обследовали экипаж из шести человек обоего пола в возрасте от 27 до 46 лет. Испытатели были разделены на две группы из трех человек по гендерному признаку. Венозную кровь отбирали утром, натощак, за 14 суток до начала эксперимента, на 37, 63, 120 сутки изоляции, а также на 7 и 14 сутки периода восстановления (ПВ). В сыворотке и плазме крови исследовали значения 47 биохимических показателей, отражающих состояние внутренних органов и тканей, а также основных звеньев обмена веществ. Статистическую обработку полученных данных проводили методами вариационной статистики с применением t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. В связи с малой численностью выборок и широкими индивидуальными различиями, значения большинства исследованных показателей не отличаются достоверно от фонового уровня.

Особенностью эксперимента явилось наличие профилактической программы, состоявшей из циклов ежедневных физических нагрузок различной интенсивности, продолжительностью около месяца, с шестидневным перерывом между циклами. Данное воздействие во многом определило характер метаболических реакций испытуемых в ходе изоляции. Так, в группе женщин среднее значение активности креатинфосфокиназы (КФК), начиная с фонового периода (ФП) и на протяжении ИГ, превышало границы физиологической

нормы за счет мышечного изофермента КФК ММ. Среднее значение активности митохондриального фермента глутаматдегидрогеназы в ходе ИГ превышало границу референтного интервала. Выше нормы увеличивалось среднее значение концентрации неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК), являющихся основным субстратом липолиза. Известно, что интенсивные физические нагрузки приводят к повышенному расходу организмом железа, и снижают скорость клубочковой фильтрации (СКФ) [2]. Во все сроки обследования, за исключением ФП, уровень сывороточного железа был ниже границы нормы. Средняя концентрация основного маркера почечной функции, цистатина С, была повышена за исключением 120-х суток изоляции, соответственно скорость клубочковой фильтрации замедлялась до уровня «несколько сниженный» [3].

В группе мужчин отмечались аналогичные, но более выраженные изменения. Если у женщин среднее значение активности КФК повышалось на 10–22 % относительно верхней границы нормы в ходе воздействия, то у мужчин повышение составляло 85–186 % и не нормализовалось в ПВ. Уровень НЭЖК тоже был повышен в большей степени. При этом, в отличие от женщин, достоверно повышалась концентрация бикарбоната. Скорость клубочковой фильтрации падала до уровня «сильно сниженный» и оставалась на нем в ПВ. Содержание сывороточного железа снижалось до нижней границы нормы, которая составляет у мужчин 6,6 мкмоль/л.

Заключение. Метаболические реакции испытуемых в данном эксперименте определялись постоянным действием профилактических физических нагрузок высокой интенсивности и характеризовались повышением активности мышечных ферментов, активацией липолиза, понижением уровня сывороточного железа и повышением концентрации цистатина С, что отражает замедление скорости клубочковой фильтрации. Гендерные различия между группами испытуемых заключались в большей выраженности обнаруженных изменений у мужчин по сравнению с женщинами.

Работа выполнена в рамках темы РАН № 65.1.

Литература

- [1] 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. – Т. 16. – № 2. – С. 44–51.
- [2] Анисимов Е.А., Чадина А.Б., Жолинский А.В. и др. Особенности биохимических показателей крови у высококвалифицированных спортсменов // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т. 61. – № 3. – С. 160–167.
- [3] Levey A.S., Inker L.A., Coresh J. GFR Estimation: From Physiology to Public Health // American Journal of Kidney Diseases. 2014. – Vol. 63. – No 5. – P. 820–834.

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У ИСПЫТАТЕЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ СО 120-СУТОЧНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ В ГЕРМООБЪЕМЕ

Маркина Е.А., Журавлева О.А., Кузичкин Д.С., Мухамедиева Л.Н.,
Маркин А.А., Вострикова Л.В., Заболотская И.В., Логинов В.И.
(ФГБУ науки ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)

Длительное воздействие невесомости на организм человека приводит к развитию гиподинамии. В этих условиях активируется синтез холестерина (ХС), меняется состав его липопротеидных фракций (цит. по [1]).

В динамике полетов на ОС «Мир» наблюдалось прогрессивное повышение содержания ХС в крови космонавтов при снижении уровня холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) [2]. У некоторых космонавтов при полетах на МКС отмечалось более чем двукратное повышение концентрации ХС.

Атерогенез характеризует не только содержание в крови ХС и его фракций, но и баланс всех липопротеидов. Ведущую роль играют аполипопротеины А1 и В (АпоА1 и АпоВ), величина соотношения которых указывает на риск атерогенеза независимо от содержания липидов, связанных с ХС, даже когда их уровень в норме [3]. Фосфолипиды (ФЛ) являются субстратом этерификации ХС и его утилизации в печени. Повышение уровня неэтерифицированных (свободных) жирных кислот (НЭЖК) в печени приводит к серьезным нарушениям метаболизма ХС. β -гидроксибутират (ГОБТ) может являться индикатором интенсивности обмена НЭЖК.

Из-за отсутствия аппаратуры, позволяющей провести всесторонний анализ показателей липидного обмена в условиях невесомости, эти исследования возможны пока только в наземных аналоговых экспериментах. Модель с изоляцией в гермообъеме (ИГ) позволяет воспроизвести действие на организм основных факторов космического полета за исключением невесомости.

Материалы и методы. В международном эксперименте со 120-суточной ИГ «SIRIUS 19», обследовали экипаж из шести человек обоего пола в возрасте от 27 до 46 лет. Венозную кровь отбирали утром, натощак, за 14 суток до начала эксперимента, на 37, 63, 120 сутки изоляции, а также на 7 и 14 сутки периода восстановления (ПВ). В сыворотке крови определяли уровень ХС, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, ХС ЛПОНП, Апо А1, Апо В, ФЛ, ТГ, НЭЖК и ГОБТ, рассчитывали величину индекса атерогенности (ИА). Измерения проводили на автоанализаторе «Targa BT 3000», Biotecnica Instruments, Италия, используя наборы реагентов фирмы «DiaSys», Германия. Статистическую обработку данных проводили с применением пакета прикладных программ Statistica for Windows (США), используя t-критерий Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Во все сроки обследования концентрация ХС достоверно не отличалась от фоновых величин. С 63 по 120 сутки ИГ и на 7 сутки ПВ снижалось содержание ХС ЛПВП в диапазоне от 16 до 29 %. Уровень ХС ЛПНП в эти сроки имел тенденцию к повышению. ИА достоверно повысился в пределах нормальных величин в конце ИГ. Концентрация ТГ значимо не менялась, однако в фоновом периоде, на 120 сутки ИГ и 7 – ПВ, ее средняя величина падала ниже физиологической нормы. При этом концентрация ХС ЛПОНП не отличалась от фоновых значений. Содержание АпоА1 на 63 сутки ИГ и 7 – ПВ достоверно снижалось на 16 %, уровень АпоВ во все сроки был ниже нормы, в результате чего величина АпоВ/АпоА1 практически не изменялась. Концентрация НЭЖК в ходе ИГ достоверно увеличивалась в 1,4–2,1 раза, наблюдалась тенденция к снижению уровня ГОВТ на 63 и 120 сутки воздействия на 38–36 % соответственно. Содержание ФЛ во все сроки обследования находилось на уровне фоновых значений.

Заключение. Особенностью данного эксперимента явилась профилактическая программа, включавшая в себя циклы ежедневных физических нагрузок различной интенсивности, продолжительностью около месяца, с шестидневным перерывом между циклами. Этим объясняется отсутствие достоверных изменений концентрации холестерина, незначительные сдвиги в содержании его фракций, а также низкие величины концентрации аполипопротеинов и ТГ. В ходе ИГ выше физиологической нормы поднялся уровень НЭЖК, являющихся основным липидным энергетическим субстратом, что свидетельствует о действии физических нагрузок, которые, с одной стороны, позволили избежать неблагоприятных изменений холестеринового обмена, но с другой, активировали на длительное время процесс липолиза.

Работа выполнена в рамках темы РАН № 65.1.

Литература

- [1] Маркина Е.А., Журавлева О.А., Кузичкин Д.С. и др. Исследование показателей холестеринового обмена в эксперименте с 17-суточной изоляцией в гермообъекте «SIRIUS 17» // Физиология человека. – 2019. – Т. 45. – № 4. – С. 90–95.
- [2] Markin A., Stroganova L., O. Balashov, et al. The Dynamics of Blood Biochemical Parameters in Cosmonauts During Long-term Space Flights. //Acta Astronautica. – 1998. – Vol. 42. – No 1–8. – P. 247–253.
- [3] Walldius G., Jungner I., Aastveit A.H. et al. The Apo B/Apo A-I ratio is better than the cholesterol ratios. // Clin. Chem.Lab. Med. – 2004. – Vol. 42. – No 12. – P. 1355–1363.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ КИСЛОРОДА И БЛАГОРОДНЫХ ГАЗОВ В ЦЕЛЯХ ШУМОВОЙ ОТОПРОТЕКЦИИ

Марченко Л.Ю., Сигалева Е.Э.

**(ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации
Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, г. Москва)**

В настоящее время более 30 миллионов человек в мире подвергаются поражающему действию индустриального шума. С воздействием шума связано около 16 % всех случаев потери слуха у населения планеты [1].

Шум – фактор, воздействующий на организм человека во время космического полета. На борту МКС шум может представлять реальную угрозу для слуховой системы космонавтов в связи с возможностью его кумулятивного эффекта в продолжительном космическом полете. У лиц с индивидуальной чувствительностью к воздействию шума при его длительной экспозиции в полете не исключена возможность развития временного или постоянного повышения порогов слуха, что может оказать неблагоприятное влияние на качество их операторской деятельности [2].

Экспериментальными исследованиями установлено, что шумовой стресс в результате воздействия шума интенсивностью более 80 дБ вызывает гемодинамические нарушения в вертебробазилярном бассейне, что является одним из факторов развития дегенеративно-дистрофических изменений в кортиевом органе внутреннего уха [3]. Подобный эффект может быть обусловлен как механическим воздействием шума, так и нарушением микроциркуляции в улитке с развитием локальной гипоксии. Нарушение кровообращения во внутреннем ухе влечет за собой изменение микроциркуляции, нарушение кровоснабжения кортиева органа, затруднение в доставке и утилизации кислорода, и, как следствие, развитие дистрофических изменений в нейроэпителиальных клетках кортиева органа, ответственных за звуковосприятие.

В настоящее время не существует единой схемы терапии нейросенсорной тугоухости, вызванной шумовым поражением, поэтому необходим поиск новых методов ранней диагностики, средств профилактики, лечения и реабилитации больных. Поскольку гипоксия является одним из ведущих патогенетических звеньев в развитии поражений органа слуха у человека, оптимизация механизмов адаптации организма к гипоксии представляется перспективным направлением в профилактике и лечении нейросенсорной тугоухости шумовой этиологии.

Применение инертных газов может стать перспективным в отношении профилактики и лечения последствий воздействия шума. Наличие органопротекторных эффектов благородных газов было подтверждено множеством

исследований [4]. J. Abraini и соавторы обнаружили, что аргон способен оказывать воздействие на рецепторы гамма-аминомасляной кислоты посредством потенцирования подтипа GABA-A нейротрансмиссии [5]. В результате эксперимента *in vivo*, исследователями была показана эффективность аргона в условиях гипоксического и токсического повреждения наружных и внутренних волосковых клеток кортиева органа мышей линии Wistar [6; 7]. В ГНЦ РФ–ИМБП РАН была показана высокая отопротективная эффективность ингаляций «кислородно-азотно-аргоновой газовой смеси» при экспозиции шума у человека [8].

В нейродегенерации, вызванной воздействием гипоксии, ведущую роль играет активация НМДА-рецепторов, последующий оксидативный стресс и формирование активных форм кислорода [9]. Поскольку гипоксия является одним из ведущих патогенетических звеньев в развитии поражения органа слуха, применение ксенона, воздействующего на НМДА – рецепторы постсинаптических мембран, является патогенетически обусловленным [10].

Таким образом, применение дыхательных смесей благородных газов у человека представляется перспективным методом профилактики развития нарушений слуха у лиц «шумовых» профессий, в том числе и у космонавтов, совершающих продолжительные космические полеты на МКС.

Литература

- [1] S.L. Lusk. Noise Exposures Effects on Hearing and Prevention of Noise Inducted Hearing Loss. AAOHN J, 1997 45 (8), 397–408.
- [2] Э.И. Мацнев, Сигалева Е.Э., Ефимова Л.Г., Зайченко Б.С. Современные проблемы оториноларингологии в космической медицине. // Сборник материалов конференции «К.Э. Циолковский и этапы развития космонавтики», 2015 г. – С 177–179.
- [3] Шульга И.А., Райцелис И.В. Отопротекция как способ профилактики и лечения ранних форм сенсоневральной тугоухости. // Омский научный вестник, № 2(134). 2014 г. – С. 100–102.
- [4] Preckel B, Weber N, Schlack W. Xenon – noble gas with organprotective properties. Anesthesiol. Intensiv. Med. Notfall. Med. Schmerzther. 2004 Aug;39 (8):456-62.
- [5] Abraini J.N., Kriem B., Baloh N., et al. Anesth Analg 2003; 96: 746–749.
- [6] Yarine Y., Amrjargal N., Haupt H. Et al. «Argon – Protection von Haarzellen gegen Hypoxie und ototoxisch wirkende Substanzen» Deutscher Luft und Raumfahrtkongress. Dresden 2004.
- [7] Yarine Y., Amrjargal N., Fuchs J. Et al/ Hear Res 2005; 201: 1–9.
- [8] Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э., Буравкова Л.Б., Тихонова Г.А. Отопротективный эффект аргона у человека при экспозиции шума. // Вестн. Оториноларингологии. 2007. – № 3. – С. 22–26.
- [9] Brennan AM, Suh SW, Won SJ, Narasimhan P, Kauppinen TM, Lee H et al. NADPH oxidase is the primary source of superoxide induced by NMDA receptor activation. Nat Neurosci 2009; 12: 857–863.
- [10] Yamakura T, Harris RA. 2000. Effects of gaseous anesthetics nitrous oxide and xenon on ligand-gated ion channels. Comparison with isoflurane and ethanol // Anesthesiology / 2000; 93: 1095-101.

**ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ ОТОПРОТЕКЦИИ
У КОСМОНАВТОВ С ПОСЛЕПОЛЕТНЫМ ПОСТОЯННЫМ ПОВЫШЕНИЕМ
ПОРОГОВ СЛУХА ПОСЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ**

Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э., Котов О.В.
(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)
Ефимова Л.Г.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Опыт медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов (КП) свидетельствует о тенденции к превышению нормативных уровней шума генерируемого системами жизнеобеспечения (СЖО) в рабочих зонах и в местах отдыха космонавтов на Международной космической станции (МКС) [1]. Особенностью воздействия шума на орган слуха космонавтов (в отличие от земных условий) является фактор непрерывности, что не исключает его неблагоприятного (кумулятивного) воздействия в условиях многомесячного космического полета [2]. На начальном этапе послеполетного периода после многомесячного космического полета изменения слуха у этой категории космонавтов проявляются в виде временного (обратимого) сдвига порогов слуха в высокочастотном диапазоне частот (с «пиком» на 4 или 6 кГц). Экспозиция шума при повторных продолжительных космических полетах может приводить у отдельных космонавтов не только к временному, но и постоянному (необратимому) повышению порогов слуха, причем не только на высоких частотах, но и в зоне речевого диапазона частот (1–4 кГц). Сочетание этих изменений с возрастной потерей слуха (presbiacusis) не исключает возможности развития у них в дальнейшем социально значимой потери слуха, что подтверждается многолетним аудиометрическим мониторингом состояния функции слуха у российских космонавтов не только по данным пред- и послеполетных аудиометрических исследований, но и в отдаленный период наблюдения (после завершения ими космической карьеры). В этой связи возникает необходимость разработки опережающей стратегии послеполетных реабилитационных (отопротективных) мероприятий по минимизации неблагоприятного кумулятивного эффекта шума у космонавтов, совершающих повторные длительные космические полеты на МКС. Механизм изменений во внутреннем ухе после длительной экспозиции шума (шумовызванная потеря слуха-NIHL) связан с клеточными изменениями во внутреннем ухе [3;4;5]. Начальная стадия этих изменений соответствует морфологической картине поражения наружных волосковых клеток у основания улитки, что соответствует аудиометрическому повышению порогов слуха в высокочастотном диапазоне (с «пиком» на 4 или 6 кГц). Эти изменения могут быть связаны как с прямой механической травмой волосковых клеток улитки, так и с метаболическими

нарушениями в результате ишемии, накопления реактивных форм свободных радикалов, приводящих к поражению кортиева органа на ранних стадиях NIH [3;4]. В условиях реактивного процесса, сопряженного с нарушением функции слуховой системы при длительной экспозиции шума, важная роль принадлежит нейропластичности слуховой системы [3; 4], что обеспечивается действием нейротрансмиттеров, в частности глутамата и гамма-амино-масляной кислоты, сопричастных, к изменению формы и функциональной адаптации слухового нейрона. Токсический эффект глутамата при длительной экспозиции шума может приводить к ионотропной сверхстимуляции рецептора. Блокада рецептора NMDA может сопровождаться нарушением нейрональной пластичности, в то время как функциональная гиперактивация может приводить к гибели части волосковых клеток улитки в связи с накоплением внутриклеточного кальция [5]. Таким образом, при первой фазе продолжительной непрерывной экспозиции шума его эффект на состояние структур внутреннего уха может проявляться в виде отека и размягчения дендритов слухового нерва, нарушения баланса Ca^{+} , с последующей гибелью нейронов I типа спирального ганглия. При преходящем (временном) повышении порогов слуха возможно восстановление потенциалов улитки в пределах 2–5 дней после прекращения воздействия шума благодаря регенерации синапсов. Напротив, при второй фазе может развиваться апоптоз и потеря волосковых клеток улитки, что соответствует постоянному (необратимому) повышению порогов слуха. Нами была разработана послеполетная терапевтическая стратегия лечебно-профилактических мероприятий, способных минимизировать или предотвратить переход временного (обратимого) послеполетного сдвига порогов слуха в раннем послеполетном периоде в постоянное (необратимое) повышение порогов слуха. Среди перспективных средств профилактики и терапии кумулятивного воздействия шума в длительном космическом полете на слуховую систему следует выделить: блокаторы кальция (класса нимодипинов), препараты улучшающие микроциркуляцию внутреннего уха («Бетагистин»), препараты магния («Магне В6», «Магнерот»), антигипоксические препараты («пироцетам+циннаразин»), триметазидин, препараты железа («Пиридоксальфосфат»), ноотропы («Идебенон, Пирацетам»). Высокоэффективным средством ототекции при шумовом поражении органа слуха зарекомендовал себя метод дыхания инертными газами («аргоно-кислородной газовой смесью») [5]. В перспективных исследованиях профилактику шумового поражения органа слуха у космонавтов с индивидуальной чувствительностью к воздействию шума, целесообразно начинать не только в послеполетном периоде, но и в процессе самого полета, по согласованию с наземными службами, осуществляющими медицинский контроль состоянием здоровья космонавтов.

Литература

- [1] Кутина И.В., Бычков В.Б., Дешевая Е.А., Шубралова Е.В. О снижении уровня шума в российском сегменте Международной космической станции. Авиакосмическая и экологическая медицина, 51, № 2, 2017, – С. 5–12.
- [2] Э.И. Мацнев, Е.Э. Сигалева, Ефимова Л.Г. Клинико-физиологические особенности воздействия шума на слуховую функцию космонавтов в длительных космических полетах/ В книге: Пилотируемые полеты в космос Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. 2017. – С. 253–255.
- [3] Syka J (2002) Plastic changes in the central auditory system after hearing loss, restoration of function, and during learning. *Physiol Rev.* 82:601–636.
- [4] Choi D.V. Excitotoxic cell death. *Developmental Neurobiology.* 1992, – pp.1261–1276.
- [5] Anna Rita Fetoni, Paola De Bartolo, et al., Noise-Induced Hearing Loss (NIHL) as a Target of Oxidative Stress-Mediated Damage: Cochlear and Cortical Responses after an Increase in Antioxidant Defense. *The Journal of Neuroscience*, February 27, 2013; 33(9):4011– 4023.
- [6] Сигалева Е.Э. Функциональное состояние слуховой системы космонавтов после воздействия шума в космическом полете : Автореферат дис. ... доктора медицинских наук: 14.03.08, 14.01.03. 2010, Москва, – 50 с.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВТОРОГО КОНКУРСНОГО ОТБОРА КАНДИДАТОВ В КОСМОНАВТЫ В ЧАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

**Назин В.Г., Самарцев В.Ю., Шемчук Е.П.,
Сердюк А.В., Майков А.А.
(ФБГУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В ходе второго открытого конкурса в 2017–2018 гг. к отбору по физической подготовленности было допущено 55 претендентов в космонавты, в том числе: 4 женщины и 37 мужчин – гражданских специалистов, 3 военных специалиста, 1 гражданский и 10 военных летчиков.

В ходе отбора в соответствии с действующими документами [1] оценивались уровни физической подготовленности претендентов исходя из результатов выполнения ими нормативных физических упражнений космонавтов.

Требуемые для отбора уровни физической подготовленности из 55 претендентов показали 35 человек, при этом средний уровень физической подготовленности прошедших данный вид отбора претендентов составил 6,18 балла по 10-балльной шкале измерения.

Индивидуальные уровни физической подготовленности 8 отобранных Государственных межведомственной комиссией кандидатов в космонавты составили:

- у 3 гражданских специалистов – 6,83, 5,52 и 4,60 балла;
- у военного специалиста – 5,88 балла;
- у 3 военных летчиков – 6,53, 5,90 и 5,64 балла;
- у гражданского летчика – 7,59 балла.

Средний уровень физической подготовленности 8 отобранных кандидатов в космонавты составил 6,06 балла, что в 1,92 раза выше среднего уровня 20 претендентов, не прошедших отбор по физической подготовленности, и в 1,21 раза выше среднего уровня 47 претендентов, не прошедших отбор в целом.

Двое из 8 отобранных кандидатов в космонавты (гражданский летчик и гражданский специалист) показали уровни физической подготовленности (соответственно, 7,59 и 6,83 балла), превышающие требуемые на этапах подготовки космонавтов (соответственно, 7 и 6 баллов).

По сравнению с первым открытым конкурсом 2012 г.:

- средний уровень физической подготовленности претендентов, допущенных к отбору по физической подготовленности, вырос с 4,18 до 5,04 балла;
- средний уровень физической подготовленности претендентов, прошедших данный вид отбора, вырос с 5,56 до 6,18 балла;
- средний уровень физической подготовленности отобранных кандидатов в космонавты вырос с 5,62 до 6,06 балла.

В целом, отбор по физической подготовленности в ходе второго открытого конкурса, как и ранее, показал себя одним из важнейших видов профессионального отбора кандидатов в космонавты, а хорошая физическая подготовленность отобранных кандидатов в космонавты явилась одним из важнейших факторов их успеха.

Литература

- [1] Профессиональный отбор космонавтов / Под ред. Крюкова Б.И., Харламова М.М., НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина, 2009. – 209 с.

НОВЫЙ ПОДХОД К ВЫВЕШИВАНИЮ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ МИКРОГРАВИТАЦИИ

**Нетреба А.И., Химорода Н.Н., Ярманова Е.Н.
(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)**

В настоящее время существуют различные модели полного или частичного обезвешивания тела человека или отдельных его сегментов. Эти модели используют как в практических целях – уменьшение нагрузки на отдельные сегменты тела в процессе реабилитации опорно-двигательного аппарата, так и в научных, где изучаются различные физиологические эффекты пребывания тела человека в условиях микрогравитации. Все известные устройства условно можно разделить на две группы: вертикальное и горизонтальное позиционирование тела в пространстве. К первой группе можно отнести вертикальное обезвешивание (BWS) при помощи специальной обвязки и противовесов, а также с использованием камеры повышенного давления для нижних конечностей. Такие устройства моделируют лишь биомеханические параметры эффектов микрогравитации (снижение реакции опоры, облегчение локомоций и т.д.). В тоже время при таком положении тела не оказывается никакого влияния на гемодинамику, обеспечиваемую работой сердечно-сосудистой системы – она остается прежней, как и в условиях земной гравитации. Для моделирования эффектов воздействия пониженной гравитации на сердечно-сосудистую систему используют различные модели с горизонтальным расположением тела человека. В качестве примера можно привести устройства: Tilted body weight support system [1]; Head-up tilt [2]; Supine suspension system [3] и другие. Позиционирование тела человека на всех этих устройствах осуществляется либо посредством жестких рычагов [1], либо нерастяжимых, жестко фиксированных тросов [3], либо пребыванием в лежащем положении на кровати, ориентированной под определенным углом к горизонту [2]. Все перечисленные подходы имеют один существенный недостаток – минимизация степеней свободы. Мы предлагаем систему, которая позволяет заметно расширить число степеней свободы, приближая биомеханические параметры движения к реальным условиям. Устройство представляет собой набор сервоприводов, на валы которых наматываются или сматываются стропы. Двигатель запрограммирован на поддержание постоянной нагрузки (силы натяжения), которая подбирается индивидуально. Свободный конец стропы прикреплен, посредством специальных ремней, к различным сегментам тела человека: голень, бедра, пояс, грудь, руки, голова. Сила натяжения каждого из тросов выставляется автоматически после процедуры взвешивания сегментов тела конкретного человека. В вывешенном состоянии имеется возможность свободно двигать руками и ногами,

перемещаться вперед/назад, вверх/вниз. Данная система может быть интегрирована с беговой дорожкой для выполнения беговой тренировки. Сила, с которой человек прижимается к тредбану, регулируется специальной системой притяга, что позволяет задавать различные величины реакции опоры от 0 до 2G. Путем смещения блока сервоприводом от вертикали можно добиваться различных уровней реакции опоры без системы притяга, что открывает возможность использовать предложенную систему как средство моделирования лунной и марсианской гравитации с наличием всех степеней свободы.

Литература

- [1] F. Sylos-Labini, Y. Ivanenko, G. Cappellini, A. Portone, M. Maclellan, F. Lacquaniti. Changes of gait kinematics in different simulators of reduced gravity // J. Mot. Behav. – № 45. – 2013. – P. 495–505.
- [2] P. Cavanagh, A. Rice, A. Licata, M. Kuklis, S. Novotny, K. Genc, et al. A novel lunar bed rest analogue // Aviat. Space Environ. Med. - № 84. – 2013. – P. 1191–1195.
- [3] J. De Witt, G. Perusek, J. Bentley, W. Edwards, K. Gilkey, B. Lewandowski, et al. Kinematic and Electromyographic Evaluation of Locomotion on the Enhanced Zero-gravity Locomotion Simulator: A Comparison of External Loading Mechanisms. // US National Aeronautics and Space Administration. – 2008. – P. 1–27.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ОТОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ МИКРОГРАВИТАЦИОННОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИДКИХ СРЕД ОРГАНИЗМА В КРАНИАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Пасекова О.Б., Сигалева Е.Э., Мацнев Э.И.

**(Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный
научный центр Российской Федерации–Институт медико-биологических проблем
Российской академии наук, г. Москва)**

Со времени открытия феномена отоакустической эмиссии (ОАЭ) [1] этой проблеме были посвящены многочисленные исследования, касающиеся как теоретических аспектов механизмов генерации ОАЭ, так и возможностей применения метода в практике авиационной и космической медицины. Регистрацию ОАЭ рассматривают как один из перспективных неинвазивных методов оценки функционального состояния слуховой системы и опосредованно, оценки внутрилабиринтного и внутричерепного давления [2, 3]. Известно, что субарахноидальное пространство головного мозга связано с перилимфатическим пространством внутреннего уха через кохлеарный водопровод [4].

В этой связи предполагают, что изменения внутричерепного давления (ВЧД) приведут к изменению вызванного ответа волосковых клеток внутреннего уха в ответ на акустическую стимуляцию различной модальности и частоты, на чем и основан метод регистрации ОАЭ. Полагают, что существует теоретическая возможность осуществлять оценку, контроль и мониторинг ВЧД путем оценки функционального состояния акустических структур [5].

Целью данной работы явилось изучение влияния условий моделируемой микрогравитации (21-суточной «сухой» иммерсии) на параметры задержанной вызванной отоакустической эмиссии (ЗВОАЭ). В обследовании приняли участие 10 здоровых мужчин-добровольцев, средний возраст $29,5 \pm 1,2$ лет, допущенных врачебно-экспертной комиссией к экспериментальным исследованиям. Регистрацию и анализ параметров проводили с помощью прибора «Нейро-Аудио» (Нейрософт, РФ). Для регистрации параметров ЗВОАЭ использовался внутриушной датчик со сменной индивидуальной насадкой, помещаемый в наружный слуховой проход. Использовалась стимуляция звуковыми нелинейными щелчками в диапазоне от 1 до 5 кГц. Стимуляция проводилась моноаурально – поочередно левого и правого уха. Максимальное количество стимулов для усреднения параметров ОАЭ – 1000. Оценивались показатели отношения сигнал/шум (дБ) в частотной полосе стимуляции 1–4 кГц. Все исследования проводили в фоне, на 3, 7, 14, 21 сутки воздействия и в периоде восстановления (ПВ). Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета STATISTICA для Windows. Для сравнения значимости различий между средними значениями выборок использовали непараметрический критерий Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Проведена оценка динамики параметров ЗВОАЭ для каждой частотной полосы стимуляции отдельно для правого и левого уха. При оценке средних по группе показателей для частоты стимуляции 1 кГц показатели отношения сигнал/шум ЗВОАЭ в фоне составили в среднем по группе ($n=10$) для правого уха – $3,8 \pm 1,6$ дБ, для левого уха – $5,2 \pm 1,2$ дБ. Выявлено достоверное ($p < 0,05$) снижение показателей ЗВОАЭ (до отрицательных значений) для частоты стимуляции 1 кГц во время пребывания в иммерсионной ванне при измерениях на 3-е, 7-е, 14-е и 21-е сутки. В ПВ у всех испытуемых показатели ЗВОАЭ для частоты 1 кГц вернулись к положительным величинам, даже несколько превышая фоновые значения, и составили для правого уха – $5,2 \pm 1,9$ дБ, для левого уха – $6,3 \pm 2,5$ дБ. Показатели отношения сигнал/шум ЗВОАЭ для частот стимуляции 2–4 Гц при измерениях на протяжении эксперимента и ПВ отмечали разнонаправленные незначимые изменения параметров и находились в границах положительных величин.

Таким образом, статистически достоверное изменение параметров ЗВОАЭ для частоты стимуляции 1 кГц, по-видимому, связано с перераспределением жидких сред организма в краниальном направлении в условиях моделируемой микрогравитации, и может свидетельствовать о нарастающей гидратации субарахноидального пространства головного мозга и вероятной внутричерепной гипертензии. Метод регистрации отоакустической эмиссии можно рассматривать как перспективный метод неинвазивного мониторинга динамики внутрилабиринтного и внутричерепного давления.

Литература

- [1] Kemp, D. T. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. The Journal of the Acoustical Society of America, Volume 64, Issue 5, November 1978, pp.1386–1391.
- [2] Voss SE., Horton NJ, Tabucchi TH, Folowosele FO, Shera CA. Posture-induced changes in distortion-product otoacoustic emissions and the potential for noninvasive monitoring of changes in intracranial pressure. Neurocrit Care. 2006; 4(3):251-7.
- [3] Frank AM1, Alexiou C, Hulin P, Janssen T, Arnold W, Trappe AE. Non-invasive measurement of intracranial pressure changes by otoacoustic emissions (OAEs)-a report of preliminary data. Zentralbl Neurochir. 2000;61(4):177-80.
- [4] Büki B, Avan P, Lemaire JJ, Dordain M, Chazal J, Ribári O. Otoacoustic emissions: a new tool for monitoring intracranial pressure changes through stapes displacements. Hear Res. 1996 May; 94(1-2):125-39.
- [5] Büki B1, Giraudet F, Avan P. Non-invasive measurements of intralabyrinthine pressure changes by electrocochleography and otoacoustic emissions. Hear Res. 2009 May; 251(1–2):51-9.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ И ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЛОР-ЗАБОЛЕВАНИЯХ В ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ

**Поляков А.В., Ковачевич И.В., Репенкова Л.Г., Мацнев Э.И.,
Сигалева Е.Э., Ниязов А.Р.**

(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г Москва)

Несмотря на профессиональный медицинский отбор и предполетный комплекс лечебно-профилактических мероприятий, нельзя полностью исключить риск развития у космонавтов в полете заболеваний различных органов и систем организма, в том числе и ЛОР-органов. Развитие заболеваний оториноларингологического профиля могут привести к ухудшению самочувствия и работоспособности членов экипажей и оказать негативное влияние на выполнения программы космического полета (КП).

Во время КП на орбитальной станции (ОС) «МИР» при развитии у космонавтов заболеваний ЛОР-органов проводились консультации с врачами-специа-

листами, выявлялись жалобы, выполнялись простые диагностические тесты, а также проводился осмотр с помощью специализированной врачебной укладки «УЛО-02». На основе анализа субъективных жалоб заболевшего космонавта, описания им клинических симптомов и течения заболевания врач-специалист разрабатывал рекомендации по лечению заболеваний с использованием лекарственных средств, входящих в состав медицинских упаковок [1].

В условиях пилотируемых полетов на МКС для проведения диагностических процедур началось использование телемедицинских технологий, что обеспечило возможность передачи медико-биологической информации о состоянии ЛОР-органов заболевшего космонавта в режиме on-line [2]. Это позволило врачам-специалистам получать и анализировать видеоизображения, которые объективно отражали состояние ЛОР-органов космонавтов и давали возможность назначать лечебно-профилактические мероприятия, оценивать эффективность проводимой терапии.

В течение полетов 55 основных экипажей на МКС при динамическом медицинском контроле был выявлен ряд заболеваний ЛОР-органов. Проведенный анализ заболеваемости показал, что наиболее частой патологией ЛОР-органов у космонавтов при полетах на орбитальных станциях были клинические проявления острого ринита, сопровождавшимися затруднением носового дыхания.

Структура заболеваний ЛОР органов у космонавтов в условиях продолжительных КП на орбитальных станциях, в целом, идентична таковым, наблюдаемым в земных условиях [3].

Для оказания медицинской помощи при заболеваниях оториноларингологического профиля была разработана специализированная ЛОР укладка, в состав которой включены фармакологические средства и современное оснащение для проведения диагностических и лечебных процедур.

Совершенствование диагностики, в том числе с применением телемедицинских средств и методов передачи видеоинформации, оказание специализированной оториноларингологической помощи космонавтам в КП позволит минимизировать риски для здоровья и жизни членов экипажей в длительных космических экспедициях.

Литература

- [1] Гончаров И.Б., Ковачевич И.В. Система оказания медицинской помощи космонавтам // Орбитальная станция «Мир» М., 2001. – Т. 1. – С. 432–454.
- [2] Попова И.И., Орлов О.И., Гончаров И.Б. и др. Отработка технологий телемедицинского обеспечения медицинского сопровождения пилотируемых полетов при реализации первого этапа эксперимента «БИМС» // В книге Международная космическая станция. М.: ИМБП РАН. 2011. – С. 219–228.

[3] Свистушкин В.М., Шевчик Е.А. Острый риносинусит – современный взгляд на проблему // РМЖ. 2014. – Т. 22. – № 9. – С. 643–646.

К ВОПРОСУ О ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ

Поляков М.В.

(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва)

Развитие космической деятельности, подготовка пилотируемых космических полетов к Луне и другим космическим объектам, с последующим их освоением, обуславливают необходимость решения сложных проблем обоснования и разработки космических аппаратов и на их базе космических эргатических систем с созданием соответствующих технических средств и проектированием деятельности экипажей для эффективного и надежного достижения космонавтами целей, в том числе в неизведанных условиях. Решение этих проблем должно основываться на учете разнообразных свойств и характеристик человека (человеческого фактора) и психофизиологических особенностей реализации деятельности, которые системно представляются в виде психофизиологической классификации деятельности космонавтов.

Предложенная ранее психофизиологическая классификация видов деятельности космонавтов Тимме Е.А. и Петровым В.М (2012) носит описательный характер решаемых космонавтами процессуальных задач и включает: техническую эксплуатацию, техническую эксплуатацию с динамикой, техническую эксплуатацию повышенной сложности, научные эксперименты, внекорабельную деятельность, ремонтные работы и восстановление работоспособности. При этом авторы в вид деятельности космонавтов «восстановление работоспособности» относят сон, отдых, занятия физической культурой. При этом остаются нераскрытыми психофизиологические особенности деятельности.

До настоящего времени в нормативно-технических документах предлагаются классификации видов операторской деятельности – оператор-наблюдатель, оператор-исследователь, оператор-технолог и др., основанные на результатах исследований и подходов 60–70-х годов 20 столетия перцептивно-моторных действий, обобщающих основную исполнительскую деятельность субъекта труда на типовых рабочих местах с функциональным преопределением в соответствии с разделением производственных процессов. Такой подход не позволяет определить продуктивные пути в деле эргономического проектирования деятельности и эргономической оптимизации совре-

менных автоматизированных рабочих мест космонавтов, при оценке профессиональной пригодности человека и профессиональных рисков.

Существенное расширение функций и целей деятельности космонавтов на Международной космической станции, в межпланетном полете, использование манипуляторов, дистанционно-управляемых и робототехнических комплексов, систем с искусственным интеллектом и действия возле и на космических объектах приводят к разнообразию эргатических систем, существенному изменению эргономических свойств средств, процессов и условий деятельности космонавтов, приводящих к существенному изменению психофизиологических особенностей деятельности. Повышается мера интеграции трудовых функций членов экипажей; прогрессивно возрастает роль инновационных информационных технологий при решении задач пилотирования, навигации и управления системами летательного аппарата. В таких условиях, по мнению Пономаренко В.А. (1995) и других психофизиологов, существенно изменяются психофизиологическая структура и содержание самой деятельности, облик информационно-управляющих полей, состав и формы кодирования информации, организация и управление функционированием элементов эргатических систем «человек-машина-среда».

В связи с этим при формировании психофизиологической классификации деятельности космонавтов должна быть преодолена доминирующая научная парадигма «изоморфизма пространства деятельности субъекта» – предположения о физической и психологической равномерности рабочего пространства, об инвариантности качеств человека как субъекта труда. При этом совокупность ежедневных задач, задач на этап полета и в целом на экспедицию, влияние нештатных ситуаций, социально-психологических феноменов совместной деятельности и индивидуальных особенностей членов экипажа создают неравномерность и даже дискретность пространства трудовой деятельности, вариативность функциональных состояний и потенций человека труда, что должно быть учтено при разработке классификации видов деятельности космонавтов.

Проведена разработка новой психофизиологической классификации видов деятельности космонавтов с учетом гибкости перераспределения функций «здесь и сейчас» в зависимости от совокупности условий, задач, оснащенности и эргономических свойств технических средств и особенностей совместной деятельности космических экипажей.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ НА САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЭТАПЕ РЕАБИЛИТАЦИИ КОСМОНАВТОВ

**Потапов М.Г., Скедина М.А., Ковалёва А.А.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, Москва)**

В настоящее время средний возраст космонавтов превышает 40 лет и в длительных космических полетах (КП) принимают участие космонавты в возрасте 60 лет. Большинство космонавтов совершили по 2 КП, а некоторые из них работали в условиях невесомости по 5–6 раз. Минимальный интервал между полетами составлял 283 дня. После 2013 г. интервалы между КП составляют от 2 до 4 лет, что наблюдалось в 25 КП. Данные условия предъявляют к медицинской реабилитации повышенные требования для полного и более быстрого восстановления космонавтов в плане подготовки их к следующему КП. Приоритетными становятся санаторно-курортные здравницы, широко использующие для реабилитации аппаратные методы физиотерапии.

На сегодняшний день система медицинской реабилитации космонавтов после длительных КП является полностью сложившейся и показала высокую эффективность в плане профессионального долголетия космонавтов. Отличительными особенностями данной системы являются: этапность, регулярность, комплексность, адекватность и индивидуальный подход к проведению восстановительных мероприятий [1].

Первый этап восстановительных мероприятий после длительных КП завершается к 20–21-му дню после приземления. К этому моменту, как правило, купируются основные послеполетные синдромы, однако сохраняются остаточные явления послеполетной астенизации: снижение скоростно-силовых качеств отдельных групп мышц, неполное восстановление минеральной плотности костной ткани в отдельных сегментах, остаточные явления метаболических отклонений от предполетного уровня.

Мы рассмотрели проведение санаторно-курортных реабилитационных мероприятий у космонавтов, совершающих длительные КП на МКС с 2001 г. по июнь 2019 г. За этот период времени реабилитация проведена у 40 космонавтов, но учитывая, что многие из них совершали неоднократные полеты на МКС, было организовано и проведено 79 этапов послеполетной санаторно-курортной медицинской реабилитации. В 35 случаях реабилитация проводилась в отечественных пансионатах и в 44 – в зарубежных.

В системе послеполетной медицинской реабилитации космонавтов на санаторно-курортном этапе применялось большое количество различных аппаратных средств и методов восстановительного лечения, имеющих как оди-

ночное, так и сочетанное терапевтическое воздействие нескольких физических факторов. Все они применялись строго по показаниям, в зависимости от исходного функционального состояния космонавтов.

Широко использовались аппаратные методы, которые позволяют ускорить процесс восстановления связочного аппарата, опорно-двигательной системы. Это аппаратный массаж и лимфодренаж для восстановления водного баланса в организме, устранения застойных явлений и снятия отеков.

Электро- и магнитотерапия применялись для восстановления опорно-двигательного аппарата и устранения болевых синдромов.

Пневмопунктура (газовые инъекции) – подкожное введение в акупунктурные точки вдоль позвоночника и суставов (по медицинским показаниям) небольшого количества углекислого газа. Эффект заключается в усилении местного кровообращения, расширении сосудов и обезболивании.

Особое внимание уделялось сочетанным методам аппаратных процедур, где одновременно используются сразу несколько воздействий различных физических факторов. Данные процедуры проводятся при меньших дозировках каждого из применяемых факторов, что уменьшает их нагрузку на организм при увеличении эффективности лечебного воздействия. К таким методам относится метод Эндо-Вако, который широко используется на всех санаторно-курортных базах Чехии.

Метод Эндо-Вако представляет собой сочетание вакуумного массажа и воздействие низко- и среднечастотных токов. При этом оказывается воздействие на опорно-двигательный аппарат и периферическую нервную систему, что позволяет устранить имеющиеся мышечные боли.

Использование индивидуальных реабилитационных программ способствовало достижению высокого уровня состояния здоровья космонавтов, необходимого для выполнения следующих длительных КП и позволило ни разу не превысить нормативно-определенную продолжительность санаторно-курортного этапа реабилитации (21 день).

По нашему мнению, для повышения эффективности реабилитационных мероприятий после длительных КП можно рекомендовать более широкое использование аппаратных методов восстановления, таких как Эндо-Вако, карбокситерапия, лимфодренаж и некоторых других уже на первом этапе послеполетной медицинской реабилитации. Расширение восстановительных мероприятий в острый реадaptационный период позволит ускорить процесс восстановления и приобрести достаточно высокие функциональные резервы организма космонавтов для их последующей профессиональной деятельности.

Литература

[1] Почуев В.И., Богомолов В.В., Моргун В.В., Каспранский Р.Р., Савин С.Н. Состояние и развитие послеполетной реабилитации космонавтов (организационные и программно-методические аспекты) // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 4(9). – С. 73–81.

РЕЗУЛЬТАТЫ МЕДИЦИНСКОГО ОТБОРА КАНДИДАТОВ В КОСМОНАВТЫ

**Почуев В.И., Войтулевич Л.В., Жерनावков А.Ф., Пушкарь-Василевская М.Э.,
Даниличев С.Н., Ефимова Л.Г., Хмелевская М.В., Васин А.В., Шуватова Л.Ф.,
Серебрякова Р.В., Лубашева С.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Медицинский отбор кандидатов в космонавты открытого конкурса Роскосмоса 2017–2018 гг. представлен двумя этапами: заочным (без присутствия претендентов) и очным (обследование претендентов) на базе медицинского управления Центра.

На заочном этапе специалистами Центра изучалась представленная в соответствии с установленным перечнем и объемом медицинская документация 301 претендента. Из них: 11 претендентов были исключены по несоответствию представленных документов, 179 (62 %) – по наличию медицинских противопоказаний. Ряд претендентов подлежал дисквалификации сразу по нескольким диагнозам, но, исходя из целей данного анализа, в статистику включены только дисквалификации по основному диагнозу.

Из признанных негодными (179 человек) дисквалифицировано: по офтальмологическим диагнозам – 35 %, терапевтическим – 26 %, оториноларингологическим – 16 %, стоматологическим – 10 %, хирургическим – 8 %, другим – 5 %. По результатам заочного этапа отбора к дальнейшему обследованию были допущены 111 претендентов, реально представлены – 37.

По итогам очного медицинского отбора из 37 претендентов дисквалифицировано 24 человека (65 %). Структура медицинских противопоказаний на данном этапе была несколько иной: дисквалификация претендентов проводилась в основном по терапевтическим диагнозам, для постановки которых требуется, как правило, более глубокое и тщательное медицинское обследование.

Представляют интерес результаты сравнения итогов настоящего медицинского отбора кандидатов в космонавты с таковыми предыдущего отбора в 2012 году.

Структура заболеваемости, выявляемая в прошлом отборе, была несколько иной. Ведущее место по дисквалификации при настоящем отборе занимают болезни органов зрения, занимавшие в прошлом (2012 год) лишь

3 место, болезни зубов с 1 места переместились на 4, ЛОР-заболевания – с 4 на 3 место. Сохранили свои позиции терапевтические и хирургические заболевания, 2 и 5 места, соответственно.

Резкое снижение стоматологической патологии у претендентов объясняется возможным улучшением профилактической зубоврачебной помощи и улучшением социальных факторов: питание, гигиена, общая культура и другие. Увеличение офтальмологической патологии вызвано, по-видимому, возросшей нагрузкой на зрительный анализатор в профессиональной и повседневной деятельности молодого поколения (ПК, гаджеты и т.д.). Стабильность позиций по терапевтическим и хирургическим заболеваниям свидетельствует о правильном функционирующем механизме медицинского отбора, результаты которого соответствуют общей картине заболеваемости среди населения.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОТБОРА,
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ, ФИЗИЧЕСКОЙ, ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВКИ, МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ КОСМОНАВТОВ**

Почуев В.И., Каспранский Р.Р., Матвеев В.П.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Выполненные в медицинском управлении научно-исследовательские работы за последние 5 лет позволили обозначить основные направления развития системы отбора, медико-биологической, физической, психологической подготовки, медицинского обеспечения профессиональной деятельности и послеполетной реабилитации космонавтов.

В интересах развития системы медицинского обеспечения профессиональной деятельности космонавтов в полетах по перспективным космическим программам были сформированы следующие комплексные направления:

- разработка программы исследований возможностей человека в космических полетах, основанной на стратегии оценки и снижения рисков для здоровья и работоспособности человека при реализации перспективных космических программ;
- создание единой системы сбора, хранения, обработки медицинской информации о здоровье космонавтов, включая не летавших и окончивших профессиональную деятельность;
- создание межведомственного комплекса средств моделирования условий космических полетов по перспективным космическим программам, в том числе, эксплуатации планетарных баз.

Необходимость и важность реализации мероприятий по этим направлениям требует создания и внедрения организационно-методических основ планирования и проведения научно-исследовательских работ и космических экспериментов, позволяющих существенно увеличить эффективность проводимых исследований.

В ближайшей перспективе предполагается развитие системы отбора, медико-биологической, физической, психологической подготовки, медицинского обеспечения профессиональной деятельности и послеполетной реабилитации космонавтов по следующим направлениям:

1. Исследования влияния факторов космического полета на организм человека и разработка предложений по отбору, медико-биологической подготовке и послеполетным мероприятиям в интересах снижения неблагоприятного влияния космического полета на организм космонавтов, в частности, применительно к ортостатической/антиортостатической устойчивости, состоянию позвоночника, ударным перегрузкам, изменениям метаболизма и функции сенсорных систем.

2. Разработка и совершенствование средств и методов психологического отбора, подготовки и психологического обеспечения космического полета по перспективным космическим программам, в частности, применительно к психологическим требованиям к экипажу и командиру межпланетной экспедиции, к методам формирования экипажей для межпланетных полетов, факторам, снижающим работоспособность космонавтов.

3. Исследования по совершенствованию подходов к учету доз радиации, полученных космонавтами в процессе профессиональной деятельности: формирование локальной базы данных полученных доз радиации космонавтами в наземных условиях и совместно с ГНЦ РФ–ИМБП РАН и организациями ФМБА России – базы данных национального радиационно-гигиенического регистра космонавтов.

4. Разработка предложений по совершенствованию средств и методов физической подготовки космонавтов, в частности, разработка методических основ индивидуализации физических тренировок в космическом полете.

5. Разработка предложений по совершенствованию средств и методов медицинского обеспечения внекорабельной деятельности (ВКД) применительно к напланетной деятельности, в частности, исследования физиологических возможностей космонавта при выполнении экспериментов по ВКД в послеполетном периоде, анализ связи антропометрических характеристик человека и работоспособности в скафандре для ВКД.

6. Разработка предложений по совершенствованию системы и мероприятий послеполетной реабилитации космонавтов применительно к перспектив-

ным космическим программам, в частности, сравнительный анализ системы послеполетной реабилитации в России и за рубежом, обоснование системы реабилитации космонавтов в процессе и после межпланетных полетов.

Эти направления развития могут быть реализованы в рамках тем НИР, выполняемых ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» с привлечением, при необходимости, заинтересованных организаций.

ПРОТЕОМНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ КОСМОНАВТОВ С РАЗЛИЧНЫМ ВЕГЕТАТИВНЫМ СТАТУСОМ

**Русанов В.Б., Пастушкова Л.Х., Гончарова А.Г., Черникова А.Г.,
Каширина Д.Н., Бржзовский А.Г., Кононихин А.С., Носовский А.М., Ларина И.М.
(ФГБУН ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

Киреев К.С.

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

Николаев Е.Н.

**(Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
Сколковский институт науки и технологий, г. Сколково)**

Основой адаптации сердечно-сосудистой системы (ССС) космонавтов к космическому полету (КП) являются регуляторно-метаболические процессы в этой системе, обеспечивающие устойчивость ее функционирования и являющиеся биомаркерами «цены адаптации» [1, 2, 3, 4]. Поэтому целью представленного исследования являлось выявление особенностей протеома мочи у космонавтов с различным вегетативным статусом. Анализировались записи электрокардиограммы, образцы мочи двенадцати космонавтов мужского пола, совершивших КП на борту российского сегмента Международной космической станции (МКС). Средний возраст $46,5 \pm 3,4$ года. Исследования проводились в рамках экспериментов «Пневмокард», «Космокард» и «Протеом», включенных в программу долговременных исследований на российском сегменте МКС за 30–45 дней до старта и на 1-е и 7-е сутки после приземления. Использовались стандартные статистические и биоинформационные методы, включая метод главных компонент и программный пакет Perseus.

Впервые установлены различия в вариабельности протеома мочи, определяющих особенности адаптации к КП у лиц с доминированием симпатических или парасимпатических влияний вегетативной нервной системы (ВНС).

Белки кадгерин-13, муцин-1, альфа-1 субъединицы коллагена типа VI (COL6A1), гемизентин-1, семеногелин-2, связывание доменов SH3, транстиретин и ингибиторы сериновых протеаз регулирующие адаптацию СССР к

сходным факторам КП реализуют свою функцию по-разному у лиц с доминированием симпатических и парасимпатических модулирующих влияний.

Вероятно, различия в концентрации этих белков между группами отражают пути достижения одной и той же цели - адаптации к комплексу факторов КП и реадаптации после возвращения на Землю.

Работа выполнена в рамках базовых тем Российской академии наук 64.1 и 65.3. на 2013–2020 гг.

Литература

[1] Baevsky R.M., Funtova I.I., Luchitskaya E.S., Chernikova A.G. The effects of long-term microgravity on autonomic regulation of blood circulation in crewmembers of the International Space Station // *Cardiometry*. – . № 5. – 2014. – С. 35–49.

[2] Baevskii R.M., Chernikova A.G. Assessment of adaptation risk in individual prenosological monitoring system // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. – № 4. – 2016. – Т. 46. – С. 437–445.

[3] Баевский Р.М., Лучицкая Е.С., Фунтова И.И., Черникова А.Г. Исследование вегетативной регуляции кровообращения в условиях длительного космического полета // *Физиология человека*. – № 9. – 2013. – Т. 8. – С. 99–111.

[4] Pastushkova L.H., Rusanov V.B., Goncharova A.G., Brzhozovsky A.G., Kononikhin A.S., Chernikova A.G., Kashirina D.N., Nosovsky A.M., Baevsky R.M., Nikolaev E., Larina I.M. Urine proteome changes associated with autonomic regulation of heart rate in cosmonauts // *BMC Systems Biology*. - 2019 13 (Suppl 1):17. - <https://doi.org/10.1186/s12918-019-0688-9>. – 2019. P. 23-31.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДЕКОМПРЕССИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОСМОНАВТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГИДРОЛАБОРАТОРИИ

Рыженков С.П., Дворников М.В., Матюшев Т.В., Усов В.М.

(Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики) Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва)

Алтунин А.А.

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

Дворников С.М., Четин В.И.

**(Научно-производственное предприятие «Звезда» им. Академика Г.И. Северина»
п. Томилино Московская обл.)**

Проблема безопасности внекорабельной деятельности (ВКД) впервые возникла в процессе подготовки полета Алексея Леонова и Павла Беляева в 1964–1965 гг. В условиях жесткого лимита времени приходилось решать ряд проблемных вопросов. Первый в мировой практике выход человека в космос вошел успешной страницей в историю не только отечественной, но и мировой космонавтики. Методики подготовки космонавтов к ВКД постоянно совер-

шенствовались с учетом алгоритма и характера ожидаемых действий, а также специфики используемого снаряжения. В настоящее время одним из важных элементов профессиональной подготовки космонавтов являются тренировки в гидролаборатории (ГЛ), в которых в специальном скафандре «Орлан», адаптированном для работы под водой, отрабатываются приемы навыки перемещения по внешней поверхности космической станции, транспортировке грузов, а также работы с инструментом.

При работе под водой безопасность тренировок обеспечивают водолазы-инструкторы. Помимо обеспечения безопасности в их обязанности входит подготовка специального оборудования и инструмента, фото и видеосъемка. Однако возникает проблема с декомпрессионной безопасностью тренирующихся, т.к. глубина, на которой проводятся тренировки, может достигать 8–10 м, при этом следует обязательно учитывать повышенное до 0,4 атм. давление в скафандре. Так же на возникновение декомпрессионных расстройств, влияет специфика выполнения водолазных работ. Как правило, водолаз работает не на одной глубине, а постоянно изменяет глубину в диапазоне от 2 до 10 метров, при этом профиль погружения получается «пилообразный», при этом поверхностный интервал составляет от 7 до 15 минут.

Таким образом, если в ходе тренировки возникает ситуация, которая требует прерывание режима погружения и быстрого подъема тренируемого оператора на поверхность, то не исключено такое развитие событий когда декомпрессия может достигать 1,0–1,2 атм, а время пребывания в условиях повышенной компрессии увеличится до 6–8 часов. Такие режимы компрессии и декомпрессии являются потенциально опасными с точки зрения развития не только манифестных, но и скрытых или отставленных форм декомпрессионной болезни.

Это требует обязательного участия медицинских специалистов в проведении тренировок и повышенного внимания к вопросам декомпрессионной безопасности тренирующихся. Декомпрессионная безопасность может быть обеспечена комплексом мероприятий, в число которых должны входить:

1. Экспертная оценка безопасности предполагаемых режимов тренировки с учетом ожидаемой глубины и времени пребывания на ней. Для оценки степени опасности планируемых режимов может быть предложена методика математического моделирования условий тренировки и расчета риска развития декомпрессионной болезни различной формы. Прототип такой методики был разработан и опубликован в работе [1]. Проведенные расчеты показали, что риск возникновения скрытой или отставленной форм декомпрессионной болезни достаточно велик и составляет до 10–15 % при штатных режимах, и до 25 % при возникновении нештатной ситуации.

2. Необходимо расширение профилактических мер при планировании медицинского обеспечения работ в ГЛ, в том числе и для оценки степени предрасположенности космонавтов к декомпрессионной болезни. Частично этот вопрос решается при проведении обязательной функциональной пробы по оценке переносимости больших степеней гипобарии. Однако для более точной оценки может быть предложена проба с более адекватным моделированием ожидаемых режимов гипербарии, а также современных методов диагностики риска появления внутрисосудистых газовых эмболов.

3. Одновременно следует уделить внимание вопросам специальной теоретической и практической подготовки медицинского персонала по проблеме декомпрессионной безопасности проведения исследований и тренировок космонавтов в условиях компрессионно/декомпрессионных воздействий. Аналогичную подготовку необходимо проводить с космонавтами и водолазами, принимающими участие в тренировках в потенциально опасных условиях. Знание ими механизмов и условий развития декомпрессионной болезни, симптоматики, а также предвестников ее появления позволит своевременно принять меры профилактического или лечебного характера, обеспечить безопасность моделируемой в ГЛ ВКД.

4. Для повышения безопасности подводных работ в ГЛ предлагается использования для дыхания как операторов в скафандрах, так и работающих водолазов обогащенный кислородом воздух. Для внедрения данного предложения необходимо проведение специальных медицинских исследований, разработки специального регламентирующего документа и закупка специального оборудования.

Литература

[1] Матюшев Т.В., Дворников М.В., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Управление длительностью десатурации членов экипажа пилотируемых космических объектов использованием математического моделирования // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014 – № 2– С. 45–52.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДБОРА И ПОДГОТОВКИ КОМАНДИРА МЕЖПЛАНЕТНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Рюмин О.О.

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

В настоящее время все большую актуальность приобретают вопросы, касающиеся подготовки полётов вне низких орбит и межпланетных миссий. Командир экипажа такой экспедиции будет нести груз ответственности неизмери-

мо больший, чем при выполнении орбитальных полетов, что в первую очередь связано с практически полной автономностью выполняемой миссии в условиях полета направленного «от», а не «вокруг» Земли [1, 2]. Отсюда, важнейшим условием успешного выполнения программы межпланетной экспедиции, является профессиональная надежность командира экипажа, представляющая собой его способность без ущерба для здоровья выполнять свои профессиональные задачи в любых условиях всего полета с заданным качеством.

Предварительный анализ возможных вариантов такого полета указывает на целесообразность назначения командиром экипажа профессионального военного/офицера. Вывод связан с ходом всего процесса его профессионального становления и формирования как командира, от момента прохождения профессионального отбора, обучения и дальнейшего карьерного роста. Это предопределяет готовность и гарантирует исполнение полного объема командных функций и принятию оперативных управленческих (не всегда популярных) решений в любых условиях реальной обстановки. Офицер обладает личностными и организаторскими профессионально важными качествами, а также имеет навыки и умения общения с членами подчиненного коллектива, обучен педагогическим принципам воспитательной работы.

При этом в структуре организаторских качеств кандидатов следует выделять: психологическую избирательность и направленность, психологический такт, общественную энергичность, требовательность организатора, критичность организатора и его склонность к организаторской деятельности. Целесообразно сформировать кадровый резерв кандидатов на должности командиров экспедиций для прохождения подготовки по специальной программе, включающей элементы практической психологии (диагностики, профилактики, коррекции межличностного общения, этнопсихологии и т.д.). Основными задачами психофизиологической подготовки командира экипажа межпланетной экспедиции являются формирование и развитие:

- теоретических знаний по вопросам психофизиологической характеристики профессиональной деятельности космонавта в длительном межпланетном полете;
- необходимых физических, физиологических, операторских, личностных, интеллектуальных и организаторских профессионально важных качеств;
- навыков по управлению функциональным состоянием организма для сохранения работоспособности за счет снижения выраженности монотонии, нервно-эмоционального напряжения и хронического утомления;
- навыков обеспечения коллективного безопасного поведения членов экипажа;
- психофизиологической готовности к действиям в нештатных ситуациях.

Ключевое место в практике подготовки командиров межпланетных экипажей должны занимать вопросы экстремального управления в различных ситуациях. Среди всего многообразия методов и средств подготовки, имеющих отношение к деятельности в экстремальных условиях, особое место занимают тренировки по выживанию и в условиях изоляции. Их проведение с применением специально разработанных сценариев предоставляет специалистам широкие возможности моделирования различных стрессовых ситуаций, обучения командира действиям по управлению экипажем [3].

Литература

- [1] Рюмин О.О. Вопросы психологического обеспечения пилотируемых межпланетных полетов / О.О. Рюмин // Авиакосм. и экол. мед. – 2017. – Т. 51. № 4. – С. 15–20.
- [2] Whiteley I., Bogatyreva O. Toolkit for a space psychologist to support astronauts in exploration missions to the Moon and Mars. 2018/ UK, 254.
- [3] Гуцин В.И. Опыт и перспективы модельных изоляционных экспериментов в России и США / В.И. Гуцин, К. Binsted, Е.П. Дёмин и др. //Авиакосм. и экол. мед. – 2016, т. 50, № 5 спецвыпуск, – С. 61–63.

ПОДХОД К ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ УЧАСТНИКОВ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

**Савинкина А.О., Шеф К.А., Гуцин В.И., Поддубко С.В., Агуреев А.Н.
(ФГБУН «ГНЦ РФ–ИМБП РАН», г. Москва)**

Одной из основных задач при проведении научных экспериментов с участием человека в замкнутых гермообъектах с искусственной средой обитания является разработка и составление рационов питания для членов экипажа с учетом действующих на обследуемых факторов (изоляция, гиподинамия). Для сохранения здоровья и работоспособности испытуемых при воздействии экстремальных факторов среды в условиях замкнутого пространства сбалансированное питание должно отвечать потребностям организма.

Сбалансированность физиологических процессов обмена веществ в организме человека определяется индивидуально нормируемым поступлением энергетических и пластических субстратов из потребляемой пищи [1]. Стоит также отметить индивидуальное состояние пищеварительной системы, обеспечивающей переработку и всасывание нутриентов. В составе рациона используются продукты, сбалансированные различными способами по содержанию белков, жиров и углеводов, что, увы, не исключает проявление/возникновение дефицита незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, биологически-активных соединений [2].

В повседневной жизни дисбаланс нормируется путем употребления свежих, натуральных продуктов. На данный момент рационы экипажа формируются из продуктов промышленного производства, пригодных для питания космонавтов. В моделируемых в гермообъекте автономных условиях может возникнуть дисбаланс пищевых ингредиентов, который влечет за собой изменение в пищеварительной системе и в организме в целом. Изменения могут быть различного характера: нарушение белкового, жирового и углеводного обмена, нарушение ферментативной и секреторной функции желудка, моторики желудочнокишечного тракта, сократительной способности желчного пузыря, поджелудочной железы. Все эти изменения ведут к нарушению переваривания и всасывания нутриентов, а также к возможным изменениям вкусовых предпочтений человека.

С целью минимизации изменений функции пищеварения в организме человека, а также нормализации соотношения потребляемой и расходуемой в условиях гиподинамии энергии необходима разработка методики по оптимизации индивидуального питания испытуемых в изоляционных экспериментах с различной продолжительностью. Основу этих мероприятий представляет формирование и разработка индивидуальных рационов определенного пищевого состава из готовых к употреблению, легкоусвояемых продуктов с длительными сроками хранения.

Решение задачи индивидуализации обеспечения питанием членов экипажей в условиях экспериментов в замкнутом гермообъекте подразумевает проведение анализа существующего ассортимента продуктов питания, сопоставление запланированного рациона питания и зарегистрированного внутри гермообъекта реального (а не запланированного) потребления продуктов с учетом пола, возраста и веса испытуемых, а также анализ ежедневной двигательной активности и потраченных калорий.

В этой связи, в рамках 4-х месячного изоляционного эксперимента «Сириус-19» каждым членом экипажа выполнялась ежедневная регистрация потребления продуктов питания с помощью системы баркод учета в программном обеспечении 1С. Диагностика двигательной активности и израсходованных калорий проводилась с помощью актиграфов Onetrak.

На основе данных, полученных в изоляционном эксперименте, можно заключить, что имеющийся ассортимент продуктов, пригодных для использования в гермообъектах, может быть взят за основу создания нового рациона питания, так как он отвечает нормам содержания основных компонентов питания и энергетической ценности в пределах физиологических норм и является достаточным для покрытия энерготрат в ходе эксперимента. Однако стоит учитывать реальное потребление продуктов питания в условиях изоляции, из-

менения вкусовых предпочтений и двигательную активность каждого члена экипажа для составления наиболее подходящего рациона питания, отвечающего всем требованиям.

Для успешного решения проблемы необходимо:

- усовершенствовать технологии изготовления новых видов продуктов длительного хранения;

- разработать новый ассортимент продуктов, защищающих организм от воздействия неблагоприятных факторов, а также способствующий профилактике и снижению риска развития заболеваний;

- индивидуализировать рационы питания членов экипажа с учетом пола, возраста, веса и ежедневной двигательной активности на протяжении изоляционного эксперимента.

Литература

[1] Добровольский В.Ф., Агуреев А.Н. «Медико-технические требования к базовому рациону питания экипажа пилотируемого транспортного корабля нового поколения и продуктам, обладающим радиопротекторными свойствами» //Научный журнал «Индустрия питания» 2018, том 3, № 2, – стр. 4–8.

[2] Ильин В.К., Батов А.Б., Новикова Н.Д., Мухамедиева Л.Н., Поддубко С.В., Гегенва А.В., Марданов Р.Г., Соловьева З.О., Скедина М.А., 2010. Микрофлора человека в условиях применения аутопробиотиков на основе *Enterococcus faecium* при 105-суточной изоляции. Авиакосмическая и экологическая медицина, 44(4), pp. 52–57.

АНАЛИЗ ПРОГРАММЫ TASK LIST ПО ДАННЫМ ПОЛЕТНОГО МОНИТОРИНГА РЕЖИМА ТРУДА И ОТДЫХА РОССИЙСКИХ ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

**Степанова С.И., Королёва М.В., Галичий В.А., Карпова О.И.
(ФГБУ ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

Программа Task List по своему замыслу должна содержать перечень заданий, выполняемых членами экипажей МКС на контрактной основе. Работа по этой программе является дополнительной к основному плану работ с системами и полезной нагрузкой, ежесуточный объем которых, в соответствии с требованиями полетной документации регламентируется 6,5 часами. Российским участникам полетов на МКС работы по программе Task List планируются отдельно, причем как на выходные, так и на рабочие дни.

Список работ, включаемых в программу Task List, может быть очень широким и предусматривать не только контрактные, но и штатные, т.е. обязательные задания. Так, например, в полете МКС-10, длительностью 28 недель, этот список включал геофизические эксперименты «Ураган», «Диатомея»,

«Экон-М» с фотографированием различных территорий земной поверхности; медико-биологические эксперименты «ETD», «Пульс», «Профилактика», «Нейроког»; физико-химический эксперимент «Плазменный кристалл»; контроль работы аппаратуры «Растения-2»; демонтаж аппаратуры «Релаксация»; операции с компьютерными файлами и, наконец, заправку канистры водой для оранжереи «Лада». В полетах МКС-11 – МКС-15 по Task List, наряду с экспериментами, планировались работы по инвентаризации реквизита станции, проверке и восстановлению работоспособности компьютеров, поискам различного оборудования, перекачке урины.

С точки зрения организации труда и отдыха космонавтов основной интерес представляет не столько содержание программы Task List, сколько время, затраченное на ее выполнение, поскольку Task List – это часть общего объема дополнительных работ, за счет которых формируются сверхнормативные рабочие нагрузки членов экипажей. В этой связи были произведены расчеты расхода времени на выполнение заданий, включенных в Task List, по данным, полученным у 10 российских участников полетов 2017–2019 гг. – мужчин, находившихся на борту МКС от 139 до 204 суток.

Индивидуальные показатели, характеризующие затраты времени на работу по программе Task List в среднем за 1 полетный день, варьировались в диапазоне от 13 мин до 1 ч 51 мин. Величины индивидуальных временных затрат в среднем за 1 рабочий день варьировались в диапазоне от 9 мин до 1 ч 17 мин. Из них 3 показателя превышали 1 ч и в среднем составили 1 ч 14 мин. Величины индивидуальных временных затрат в среднем за 1 выходной день варьировались в диапазоне от 22 мин до 3 ч 05 мин. Из них 7 показателей превышали 1 ч и в среднем составили 2 ч 10 мин.

Таким образом, диапазон индивидуальных значений показателя занятости по Task List, в любом выражении – в среднем за 1 полетный день, в среднем за 1 рабочий день или в среднем за 1 выходной день – был весьма широк. При этом количество показателей, превышавших 1 ч, в выходные дни было больше, чем в рабочие. Что касается численных значений этих показателей, то в выходные дни, по сравнению с рабочими днями, они, как правило, были выше. В итоге оказалось, что ежедневный объем работ по Task List в выходные дни был в среднем больше, чем в рабочие дни.

В рассмотренной группе космонавтов были 3 человека, у которых среднесуточные показатели и в рабочие, и в выходные дни превышали 1 ч и составляли соответственно 1 ч 08 мин и 2 ч 47 мин; 1 ч 16 мин и 2 ч 16 мин; 1 ч 17 мин и 3 ч 05 мин. Но были и такие лица (также 3 человека), у которых оба показателя составляли меньше 1 ч (соответственно 9 мин и 25 мин; 32 мин и 22 мин; 47 мин и 46 мин). Указанные различия, скорее всего, были связаны

не столько с объективными, сколько с субъективными причинами, в частности, с особенностями личной мотивации. Вообще говоря, программу Task List космонавты воспринимали по-разному. Одни считали ее обязательной («формально отказаться от этих работ я мог, а реально – нет»; «работы по Task List старались сделать в максимальном объеме, так как понимали, что ученые на Земле ждут наших результатов»). Другие оценивали ее всего лишь как рекомендательную («это такие работы, которые выполняются по желанию: хочешь – делаешь, не хочешь – нет»; «если есть желание, то мы делаем»; «эта работа выполняется по усмотрению экипажа» и т.п.). Имея в виду съемки наземных объектов, предусмотренные программой Task List, космонавты отмечали, что эта работа интересная, увлекательная, выполняется с удовольствием и без особого напряжения, позволяет «активно проводить свободное время», «вносит положительные эмоции, помогает скрасить жизнь на станции» и не мешает другим работам. Однако были и отрицательные стороны: раздражали ежедневные запросы группы целевой нагрузки о выполнении данных работ («создавалось впечатление, что нас воспринимают как бездельников»); на обработку фотографий тратилось много времени, приходилось запаздывать с отходом ко сну («наснимаешь, нафотографируешь, а потом, после ужина, идет разбор снимков до часа ночи»); работы выполнялись в личное время, а иногда за счет экономии времени, отведенного на различные операции. Возможно, в работе по Task List личный фактор значит больше, чем в других видах полетной деятельности, что находит отражение в высокой вариативности индивидуальных показателей занятости космонавтов по этой программе.

МОНИТОРИНГ ОСОБЕННОСТЕЙ СНА РОССИЙСКИХ КОСМОНАВТОВ В ПОЛЕТАХ НА МКС

**Степанова С.И., Королёва М.В., Лаврентьева И.Н., Рудометкин Н.М.,
Галичий В.А., Карпова О.И.
(ФГБУ ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)**

В процессе полетного мониторинга режима труда и отдыха и состояния психической сферы российских участников экспедиций на МКС эксперты группы медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов (ГМО) регистрируют информацию, поступающую от членов экипажей в режиме текущего наблюдения и позволяющую прямо или косвенно оценивать качество и количество ежедневного сна космонавтов на протяжении полета. По завершении каждой экспедиции космонавты в ходе личной встречи с наземными специалистами, в том числе с экспертами ГМО, дополняют эту информацию описанием особенностей своего сна в среднем за весь полет.

Данные о сне, сообщаемые космонавтами во время и после полета, наряду с позитивными оценками, могут содержать некоторые свидетельства того, что в этой области не все обстояло благополучно. Так, например, участник одного из полетов однажды отметил, что за последние два дня «не успевал выспаться». И вообще, подъем в штатное время (в 6:00 по Гринвичу) был для него слишком ранним: «...я, как побитый, сонный... в 7 часов уже нормально, в 7:30 еще лучше. А вот два раза подряд вставать в 6 часов! Конечно, утро от этого становится ужасное, а потом разойдешься и вроде ничего». По наблюдениям эксперта ГМО, этот космонавт на протяжении всего полета неоднократно нарушал штатный распорядок сна, запаздывая с отходом ко сну и подъемом. Возможно, он принадлежал к лицам «вечернего» хронотипа («совам») и потому с трудом вставал по утрам. Вероятным представителем «вечернего хронотипа» был участник другой экспедиции на МКС, у которого в полете наблюдалась постоянная тенденция ложиться спать позже 21:30 по Гринвичу (штатное время отхода ко сну), поэтому вставать по графику в 6:00 ему было трудно. Оправдывая такое свое поведение, он заявил, что у него «не лежит душа подниматься ни свет, ни заря», что, как известно, свойственно «совам».

Безусловно, запаздывание с отходом ко сну в каких-то случаях могло быть связано не только с особенностями индивидуального хронотипа, но и с другими причинами, в частности, с предстоящим в ближайшее время выполнением сложных и трудоемких операций, которые требовали большого объема подготовительных работ. Но это не исключает важности дополетной оценки индивидуального хронотипа членов экипажей, которая была бы очень желательной.

Сообщения о плохом сне в процессе полета поступают с борта МКС довольно редко. Они могут содержать жалобы на трудное засыпание, очень короткий период сна, частые пробуждения и отсутствие освежающего эффекта после завершения ночного отдыха. Косвенным признаком появления недостаточности сна, по данным экспертов ГМО, служит изменение эмоциональной окраски докладов экипажа. Утренние отчеты о качестве ночного отдыха, оставаясь позитивными, становятся более сдержанными. На вопрос оператора наземной службы «Как отдохнули?», вместо обычных ответов «отлично», «прекрасно», «замечательно», космонавты отвечают: «хорошо», «удовлетворительно», «нормально». В ряде случаев, уклоняясь от негативных оценок, они дают нейтральный ответ «отдохнули», либо отмалчиваются. Прямым свидетельством ухудшения сна является информация о приеме снотворных препаратов или мелатонина, который также обладает снотворным эффектом.

Во время послеполетного брифинга один из космонавтов отметил, что продолжительность его сна в полете составляла 7–8 часов, и этого было вполне достаточно. Однако при этом он сказал: «Там всегда хочется спать». На

наш взгляд, в этой противоречивой оценке заслуживает доверия именно второе высказывание, свидетельствующее о систематическом недосыпании. Косвенными признаками постоянного недосыпания являются практика позднего подъема по выходным дням и кратковременного дневного сна в рабочие дни. Такая практика наблюдалась во многих полетах МКС.

Факторами, провоцирующими нарушения сна, являются ночные работы со сдвигами периода сна на дневное время. Некоторые космонавты переносят их легко, другие – с трудом. Во многом это зависит от величины и направления сдвига. Нарушения сна могут быть существенными и продолжительными. Другой причиной нарушений сна являются громкие звуки и шумы, сопровождающие работу технических устройств. Обращает на себя внимание реплика одного из космонавтов по поводу шума в отсеке, где находилось его спальное место: «82 децибела в каюте, где я сплю! Можешь себе представить?!» [В РФ законодательная норма ночного уровня шума в жилых помещениях составляет 45 дБ]. По словам другого космонавта, «грохот клапанов как-то не способствует крепкому сну».

Таким образом, современный полетный мониторинг позволяет составить некоторое представление об особенностях сна российских космонавтов и сопутствующих проблемах. В будущем было бы полезно дополнять его данными актографии – объективной регистрации двигательной активности членов экипажей на протяжении суточного цикла.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ЗАДЕРЖКИ ДЫХАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА: КЭ «ДАН»

Тарасенков Г.Г., Катунцев В.П., Худякова Е.П., Седелкова В.А., Баранов В.М.
(Научно-исследовательский институт космической медицины
ФНКЦ ФМБА России, г. Москва)
Алферова И.В., Шушунова Т.Г.
(ГНЦ РФ–ИМБП РАН, г. Москва)

Введение. В настоящей работе представлены результаты исследований, выполненных в рамках реализации космического эксперимента (КЭ) «ДАН» по изучению активности центрального дыхательного механизма (ЦДМ) в условиях длительного воздействия на организм человека невесомости. В качестве физиологического показателя, отражающего уровень активности ЦДМ, использовали величину максимальной произвольной задержки дыхания на высоте вдоха.

Методика. Исследование проведено при участии 17 российских космонавтов во время орбитальных полетов продолжительностью до 180 суток на борту Международной космической станции (МКС). Измерения выполняли на 30 ± 5 сутки до полета, на 25 ± 5 сутки каждого месяца пребывания космонавтов на МКС и на 10 ± 2 сутки после завершения космического полета. Определение времени максимальной произвольной задержки дыхания на высоте вдоха, частоты сердечных сокращений (ЧСС) и среднего динамического артериального давления (СрАД) проводили до, во время и после выполнения космонавтами нагрузочной пробы с ОДНТ. Продолжительность пробы с ОДНТ составляла 15 мин при уровне разрежения – 25 мм рт. ст.

Результаты и обсуждение. Исходные (до полета) средние значения ЧСС соответствовали $61,9 \pm 6,2$ уд/мин, СрАД – $87,9 \pm 6,2$ мм рт. ст. Статистически значимых изменений этих показателей по отношению к условиям длительного космического полета обнаружено не было: в полете ЧСС равнялась $64,7 \pm 2,5$ уд /мин, СрАД – $85,5 \pm 5,5$ мм рт. ст. ($p > 0,05$).

Показатель продолжительности максимальной произвольной задержки дыхания на высоте вдоха в покое до полета равнялся в среднем $83,9 \pm 8,7$ с. В условиях космического полета и длительного воздействия на организм невесомости величина этого показателя у космонавтов достоверно возрастала в среднем до $112,1 \pm 8,5$ с, т.е. увеличивалась на 46,7 % ($p < 0,05$) по сравнению с предполетным уровнем. После завершения полета и, следовательно, действия на организм невесомости время максимальной произвольной задержки дыхания сокращалось до $79,9 \pm 7,1$ с, практически возвращаясь к дополетным значениям. Таким образом, полученные данные свидетельствуют об увеличении в условиях невесомости времени максимальной произвольной задержки дыхания, что отражает снижение чувствительности дыхательного центра человека к хеморецепторным стимулам – пониженному в крови парциальному напряжению O_2 и повышенному парциальному напряжению CO_2 .

Переносимость космонавтами пробы с ОДНТ на всех этапах проведения КЭ «ДАН» была удовлетворительной. Создание разрежения при ОДНТ в полете сопровождалось увеличением ЧСС до $77,8 \pm 2,6$ уд /мин ($p < 0,05$), т.е. на 20,3 % по отношению к исходному уровню. СрАД при этом практически не изменялось, составляя $86,8 \pm 4,6$ мм рт ст. Через 2–3 минуты после окончания действия разрежения время максимальной произвольной задержки дыхания возрастало до $123,1 \pm 5,6$ с ($p < 0,05$), что отражало характерное для этого периода еще большее снижения чувствительности дыхательного центра к хеморецепторным стимулам, обусловленного, на наш взгляд, повторным увеличением объема крови, перераспределяемого в невесомости в верхнюю половину тела после завершения действия ОДНТ.

В целом, результаты проведенных в рамках КЭ «ДАН» исследований экспериментально подтверждают правомерность развиваемых авторами настоящей работы представлений о том, что основную роль в изменении активности ЦДМ могут играть барорецепторы сосудистых рефлексогенных зон, активность которых, вероятно, меняется в соответствии с изменениями объема крови, перераспределяемого в невесомости в верхнюю половину тела. Характерное для условий невесомости увеличение кровенаполнения сосудов торакальной области и головы, вызывая стимуляцию сосудистых барорецепторов, может приводить к рефлекторному торможению инспираторной активности дыхательных нейронов и снижению их чувствительности к хеморецепторным стимулам, что проявляется в увеличении времени задержки дыхания.

Снижение чувствительности ЦДМ в условиях невесомости имеет большое научно-прикладное значение для космической медицины. Эту особенность следует учитывать при оценке уровня медицинского риска в случае возникновения у члена экипажа заболевания, требующего применения лекарственных препаратов, оказывающих угнетающий эффект на дыхательный центр, и дозировании уровня физических нагрузок в целях поддержания высокого уровня работоспособности космонавтов в длительных перспективных полетах за пределы околоземной орбиты.

**АЭРОБНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖЕЙ
ДЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ НА МКС
ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ МИССИИ**

Фомина Е.В., Лысова Н.Ю.

(Государственный научный центр Российской Федерации—
Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, г. Москва)

Резванова С.В.

(Центр спортивных инновационных технологий и сборных команд Москомспорта,
г. Москва)

Киреев К.С., Новицкий О.В.

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

Одной из проблем гравитационной физиологии, требующей расширения знаний в свете подготовки к межпланетным миссиям, является раскрытие механизмов негативных изменений в гравитационно-зависимых системах во время КП и после его завершения. Очевидно, что изменения в системе вегетативного обеспечения мышечной деятельности, возникающие в КП, могут явиться фактором, влияющим на успешность протекания процесса адаптации к условиям невесомости и реадаптации к земной гравитации. Система вегетативно-

го обеспечения мышечной деятельности отражает функции дыхательной, сердечно-сосудистой систем, системы крови и системы утилизации кислорода в мышцах [1]. Во всех вышеперечисленных системах в условиях невесомости развиваются как структурные, так и функциональные перестройки [2–6].

Целью настоящего исследования явилось определение изменений в гравитационно-зависимых системах вегетативного обеспечения мышечной деятельности после длительного КП.

Методика. В исследовании приняли участие 5 космонавтов (возраст 43 ± 2 лет, вес 84 ± 6 кг, продолжительность КП (169 ± 18 суток). Тестирование выполнялось за 30–60 суток до и на 8–13-е сутки после завершения КП. Разница в сутках послеполетных тестирований объясняется отличиями в программе реабилитации, обусловленными состоянием космонавтов после КП.

Тест выполнялся на бегущей дорожке БД-2 (ИМБП, Россия) в активном режиме движения полотна дорожки и состоял из 13 ступеней нагрузки от 3 до 15 км/ч или до отказа, приращение скорости составляло 1 км/ч каждые 30 с. Оценивались изменения показателей эргоспирометрии с использованием газоанализатора «Охусон Mobile» (Jaeger, Германия) и ответ сердечно-сосудистой системы определяли по изменению частоты сердечных сокращений (ЧСС) во время нагрузки с использованием прибора «Кардиокассета-2010» (ИМБП, Россия).

Результаты. Максимальная скорость в тесте у всех космонавтов до КП составляла 15 км/ч. После КП максимальная скорость теста у 4-х космонавтов составляла 15 км/ч, у одного – 13 км/ч.

Было показано, что до КП потребление кислорода возрастает с увеличением скорости теста не достигая плато и на скорости 15 км/ч составляет 3246 ± 302 мл/мин. После КП уже на скорости 12 км/ч потребление кислорода выходит на плато и до завершения тестирования находится в диапазоне от 2440 до 2620 мл/мин, меняясь от ступени к ступени не более, чем на 5 %.

До КП выделение углекислого газа возрастало с увеличением скорости теста, максимальное значение данного показателя составляло – 3160 ± 340 мл/мин. До и после КП легочная вентиляция возрастала с увеличением скорости теста, не достигая вентиляционного анаэробного порога. ЧСС в тесте после КП была выше чем в предполетном тестировании на всех ступенях теста. Дыхательный коэффициент до КП достигал значения больше единицы только на скорости 15 км/ч. После КП дыхательный коэффициент достигал значения единицы уже на ступени бега со скоростью 12 км/ч.

Таким образом, было показано, что после космического полета потребление кислорода в тесте снижено, а ЧСС, легочная вентиляция и выделение углекислого газа повышено по сравнению с предполетными показателями,

что свидетельствует о снижении аэробных возможностей после длительного пребывания в условиях микрогравитации.

Работа поддержана грантом РФФИ №17-04-01826.

Литература

- [1] Попов Д.В., Виноградова О.Л., Григорьев А.И. Аэробная работоспособность человека // Москва. Наука. 2012.
- [2] Козловская И.Б. Гравитация и позно-тоническая двигательная система. // Авиакосм. и экол. мед. – 2017. – Т. 51. – № 3. – С. 5–21.
- [3] Norsk, P. Blood pressure regulation IV: adaptive responses to weightlessness // Eur. J. Appl. Physiol. – 2014. – V. 114. – № 3. – P. 481–4.
- [4] Moore, A.D., Downs M.E., Lee S.M. et al. Peak exercise oxygen uptake during and following long-duration spaceflight // J. Appl. Physiol. – 2014. – V. 117. – № 5. – P. 231–238.
- [5] Prisk, G.K. Microgravity and the respiratory system // Eur. Resp. J. – 2014. – V. 43. – № 5. – P. 1459–1471.
- [6] Fitts, R.H., Colloton P.A., Trappe S.W. et al. Effects of prolonged space flight on human skeletal muscle enzyme and substrate profiles // J. Appl. Physiol. – 2013. – V. 115. – № 5. – P. 667–679.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМИКИ ПЕЧАТИ НА КЛАВИАТУРЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Хоменко Ю.Г., Бойцова Ю.А., Старченко М.Г., Катаева Г.В.

(Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН)

Мещеряков А.А.

(ИП «Мещеряков»)

Иванов А.В.

(Главная астрономическая обсерватория РАН)

Разработка новых способов мониторинга состояния оператора является актуальной проблемой. Особую ценность имеют методы, не требующие использования дорогостоящей аппаратуры и не отвлекающие оператора от основной деятельности. В этом отношении, представляют интерес методы, основанные на регистрации особенностей взаимодействия человека и компьютера. Согласно литературным данным, характеристики динамики печати на клавиатуре могут использоваться для выявления стресса и ранних признаков психоневрологической патологии [1, 2]. Для обзора см. [2].

Цель данной работы – изучение особенностей динамики печати на клавиатуре в состоянии психоэмоционального стресса.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 24 добровольца без неврологических и двигательных нарушений ($37,3 \pm 8,0$ лет, 15 муж., 9 жен.).

До начала эксперимента проводилось психологическое тестирование: тест Тейлор, САН (самочувствие, активность, настроение), SAM (Self Assessment Manikin) – для оценки эмоционального состояния. До, после и во время эксперимента регистрировались ЭКГ и кожно-гальваническая реакция (КГР) с помощью электроэнцефалографа «Мицар». Набор текста производился в редакторе LibreOffice на ноутбуке Lenovo, ОС OpenSuse, стандартная клавиатура. Для регистрации событий с клавиатуры использовалась специальная программа, регистрировавшая время нажатия и отпускания каждой клавиши в мс, после чего рассчитывались: среднее время удержания клавиши, скорость печати (за вычетом интервалов более 500 мс согласно [1]), средняя продолжительность и количество интервалов между нажатиями, количество нажатий на специальные клавиши, количество ошибок (опечаток). Использовались 2 парадигмы, описанные в литературе: набор «фиксированного» текста (ФТ) и «свободного» текста (СТ) [1]. Испытуемые выполняли следующие задания: ФТ – набор заданного «нейтрального» (не вызывающего эмоциональной реакции) фрагмента текста длиной 1200 знаков; СТ – набор произвольного текста на любую тему; «стресс» – испытуемому предлагалось вспомнить любое стрессовое событие, эмоции, которые его сопровождали, после чего написать текст о пережитом событии. Рекомендуемая длина произвольного текста – не менее 1000 знаков, ограничений на время выполнения заданий не устанавливалось. Согласно [1], для анализа динамики печати на клавиатуре достаточно фрагмента текста из 700 знаков. Схема эксперимента приведена на рис.1.

ЭКГ, КГР, ЭС	ФТ 1	ЭКГ, КГР, ЭС	СТ 1	ЭКГ, КГР, ЭС	Стресс	Текст о стресс. событии	ЭКГ, КГР, ЭС	СТ 2	ЭКГ, КГР, ЭС	ФТ 2	ЭКГ, КГР, ЭС
5	5–15	2–3	5–15	2–3	1–5 мин	5–15	2–3	5–15	2–3	5–15	3 мин
мин	мин	мин	мин	мин		мин	мин	мин	мин	мин	

Рис.1. Схема эксперимента. ЭС – эмоциональное состояние, ФТ – «фиксированный текст», СТ – «свободный текст», «стресс» – задание вспомнить стрессовое событие.

Результаты. После моделирования стрессового состояния в среднем по группе увеличилась продолжительность набора текста, количество нажатий на клавиши BackSpace и Del, время удержания буквенных клавиш. При рассмотрении индивидуальных изменений обнаружено, что у 8 испытуемых скорость печати во время «стрессового задания» увеличивалась (на 5–57 %), у 7 – снижалась (на 7–22 %), у 9 – не менялась (менее, чем на 5 %). В группе, в которой скорость печати увеличивалась, также наблюдалось большее время удержания специальных клавиш по сравнению с группой, в которой скорость

печати не изменялась ($p=0.01$) и, кроме того, зарегистрирована большая амплитуда КГР после задания на печать «стрессового текста» ($p=0.008$). В группе, в которой скорость печати не менялась, в исходном состоянии наблюдался более высокий уровень возбуждения по тесту SAM ($p=0.03$). Степень выраженности изменений скорости печати в «стрессовом задании» (и увеличения, и уменьшения) положительно коррелировала с уровнем социальной тревоги по тесту Тейлор ($r=0.49$, $p=0.01$).

Выводы: при моделировании стресса у большинства испытуемых регистрировались изменения динамики печати на клавиатуре, которые зависели от исходного состояния и особенностей реагирования на стресс. Для эффективного распознавания стресса, вероятно, требуется построение индивидуальных моделей. Также необходимо проведение исследований с длительной регистрацией характеристик печати на клавиатуре для изучения воспроизводимости паттернов динамики печати.

Литература

- [1] L.M. Vizer, L. Zhou, A. Sears. Automated Stress Detection Using Keystroke and Linguistic Features: An Exploratory Study // Intl J. Human-Computer Studies. – Vol.67(10). – 2009. – P. 870–886.
- [2] Ю.Г. Хоменко, Г.В. Катаева, Ю.А. Бойцова, М.Г. Старченко. Использование характеристик динамики печати на клавиатуре для мониторинга психофизиологического состояния оператора // Вестник психофизиологии. – 2018. N 4. – С. 28–33.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО КОНТРОЛЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

**Черногоров Р.В., Переведенцев О.В., Леванов В.М.
(ГНЦ РФ–Институт медико-биологических проблем РАН)**

В настоящее время в орбитальных полетах к внекорабельной деятельности (ВКД) прибегают преимущественно при проведении комплекса работ, связанных с ремонтом и заменой вышедших из строя узлов и агрегатов, установке нового оборудования и наладочных операций, постановке научных экспериментов и испытаниях новой космической техники [1]. И если на низкой околоземной орбите (НОО) это важная, но достаточно эпизодическая деятельность, то на Луне она превратится в подобие регулярных смен вахтового режима работы, при котором продолжительность и частота ВКД значительно возрастает [2]. Таким образом проведение работ на лунной поверхности неизбежно приведет к увеличению времени аппликации уже известных негативных факторов ВКД на НОО, к которым добавятся ряд новых опасных воздействий и ограничений,

в том числе малоизученных. Что в свою очередь приведет к возрастанию объема и перечня медицинских рисков, требующих тщательной проработки при проектировании перспективной системы медицинского обеспечения лунных миссий, включая медицинский контроль за осуществлением ВКД.

В лунных экспедициях возможны сценарии, при которых медико-техническая поддержка Центра управления полетами (ЦУП) может оказаться недоступной. Наиболее вероятными из них являются: проведение ВКД при отсутствии прямой радиосвязи с Землей, потеря локальной радиовидимости между лунной базой и оператором ВКД, а также нештатные ситуации, характеризующиеся невозможностью осуществления удаленного контроля за деятельностью космонавта на лунной поверхности.

Для решения перечисленных проблем предлагается использовать средства автономного анализа и оценки интегрированных данных о функциональном состоянии космонавта, выполняющего ВКД, и данных функционирования автономной системы жизнеобеспечения скафандра, размещенных в носимом вычислительном блоке (НВБ) космонавта с применением, в том числе, технологий искусственного интеллекта.

В основу программного обеспечения НВБ ляжет система поддержки принятия решений, построенная на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [3]. Выбор ИНС определен их способностью адаптироваться к изменениям внешних условий, решать задачи с неизвестными зависимостями между входными и выходными данными, а также неопределенными закономерностями развития ситуации.

В задачи НВБ будут входить сигнализация о возрастании рисков вреда здоровью космонавта, отслеживание негативных трендов и формирование корректирующих рекомендаций.

В случае выявления угроз для здоровья космонавта и выполнения его рабочих функций в ходе ВКД, НВБ должен в первоочередном порядке попытаться оповестить об этом наземную группу медицинского обеспечения ЦУП и отправить соответствующий сигнал на пульт управления лунной базы, в соответствии с общей моделью распределения функций управления между человеком в космосе, «машиной» и рекомендациями наземных служб [4]. При отсутствии ответа в течение регламентированного срока, в т.ч. вследствие невозможности радиоконтакта, НВБ должен переадресовать данное предупреждение непосредственно оператору ВКД, снабдив его автоматически сформированными рекомендациями по автономному устранению возникшей угрозы.

Литература

- [1] Богомолов В.В., Самарин Г.И. Медицинское обеспечение здоровья и безопасности экипажей МКС // МКС, РС. Космическая биология и медицина: в 2 т. М., 2011. – Т. 1. – 47 с.
- [2] Поляков А.В., Усов В.М., Крючков Б.И., Косачев В.Е., Михайлюк М.В., Мотиенко А.И. Компьютерное моделирование жизнеугрожающих ситуаций и проведения аварийно-спасательных, медицинских и эвакуационных мероприятий на лунной базе // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2019. – Т. 53. – № 3. – С. 13–19.
- [3] Переведенцев О.В., Орлов О.И., Леванов В.М. К вопросу о разработке интеллектуальных компонентов системы принятия решения для медицинского обеспечения межпланетных пилотируемых космических полетов // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2018. – Т. 52. – № 4. – С. 24–27.
- [4] Калери А.Ю., Тюрин М.В. Антропоцентрический подход к процессу принятия автономных решений экипажем пилотируемого космического корабля // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 4 (9). – С. 36–41.

СЕКЦИЯ 8

НОВЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДГОТОВКИ
КОСМОНАВТОВ

КОМПЛЕКС СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТОРОВ ГИДРОЛАБОРАТОРИИ И ТРЕНАЖЕРА «ДОН-ЕРА»

Ковригин С.Н., Пономарев К.В., Несмеянов В.В., Кондаков А.Н.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

В рамках организации подготовки космонавтов к выполнению операций развертывания на борту МКС европейского манипулятора ERA в ЦПК создается комплекс средств обеспечения взаимодействия операторов гидролаборатории (ГЛ) и тренажера «Дон-ЕРА» [1].

Основная задача комплекса – обеспечение обмена аудио- видеоинформацией между системами ГЛ и тренажера в интересах отработки методики и порядка взаимодействия космонавтов-операторов, располагающихся на внешней поверхности МКС и на региональном посту управления манипулятором.

Анализ показал, в частности, что для обеспечения взаимодействия необходимо иметь два канала двухстороннего аудиообмена и два канала видеоданных. При этом технологические переговоры инструкторов в ГЛ и тренажера «Дон-ЕРА» не должны прослушиваться «экипажем» РС МКС.

Укрупненная структура комплекса представлена на рисунке.

Поскольку взаимодействующие объекты и субъекты располагаются в разных корпусах, предполагается использовать существующие высокоскоростные сети передачи данных с дополнительным оснащением их соответствующими преобразователями.

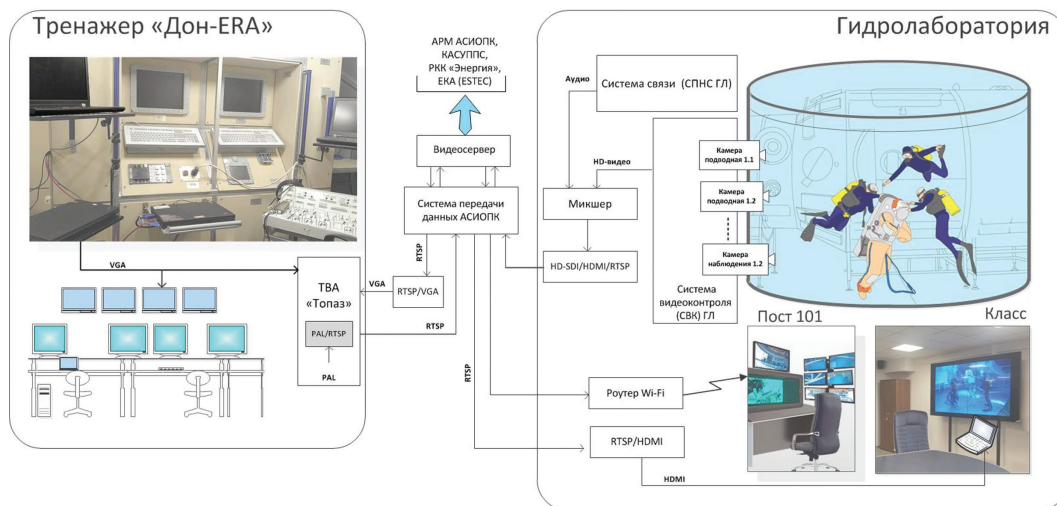


Рис. Структура комплекса

Применены дополнительные средства отображения видеоданных. При этом, например, планируется использовать синтезированное изображение не только от штатных телекамер, размещенных на внешней поверхности МКС, но и от телекамер, расположенных на плечевом и кистевом сегменте манипулятора, а также видеоизображение, которое наблюдает облаченный в скафандр космонавт-оператор ВКД.

Одна из особенностей предложенного комплекса технических средств – обеспечение трансляции в реальном времени изображения и звука внешним – по отношению к ЦПК – заинтересованным потребителям подобной информации, в том числе – в РКК «Энергия» и Европейское космическое агентство, например, в его филиал – Европейский Исследовательский и Технологический Центр (ESTEC).

В докладе рассматриваются ключевые технические решения, позволяющие обеспечить все требования заказчика комплекса, которым является заместитель начальника Центра по организации деятельности и инновационному развитию.

Литература

[1] Виноградов Ю.А., Полунина Е.В., Саев В.Н. особенности разработки и функционирования специализированного тренажера европейского манипулятора ERA // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. Выпуск № 3 (74)* 2015 г. Тематический выпуск «Психология и эргономика: единство теории и практики» Часть II («Материалы IX международной конференции 17–19 сентября 2015 года, г. Тверь).

О ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ПОДГОТОВКЕ КОСМОНАВТОВ

Харламов М.М., Пономарев К.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Центр подготовки космонавтов – уникальный объект, который изначально создавался с ориентацией на высокие технологии, наукоемкие производства и инновационную инфраструктуру. Управление его деятельностью велось на базе современных на тот момент, но закрытых управленческих технологий с использованием вычислительной техники. В современном, динамично меняющемся мире ни одна компания не может оставаться в стороне от технического прогресса и те компании, которые занимают на сегодняшний день ведущие позиции на рынке, уже начинают сталкиваться с появлением новых компаний, опирающихся на инновационные и прорывные технологии. Свойственная монополиям инерционность и сниженный интерес к поиску реше-

ний, возникающих вне отрасли, может привести к выбору неэффективных направлений стратегического развития и к задержке в принятии решений о корректировке выбранного курса.

Исторически сложилось, что подготовкой космонавтов в России занимался только Центр подготовки космонавтов, а на мировом уровне аналогичными работами по своим программам занимались космические агентства ведущих мировых держав не составляя конкуренции. Однако ситуация начинает стремительно меняться с появлением на «космической сцене» частных компаний, привлекающих значительные инвестиции и строящих свой бизнес с ориентацией на клиента [1]. Эти компании начинают демонстрировать и гибкость в принятии решений, и оперативность изменения бизнес-процессов. При этом применяются лучшие практики, в том числе заимствованные из опыта работы космических отраслей других стран.

Центр подготовки космонавтов не остается в стороне от этих тенденций и планомерно осуществляет свою программу «цифровой трансформации» [2]. Ведется работа по формализации описаний бизнес-процессов, в некоторых направлениях уже осуществлен переход на электронное функционирование. Разрабатываются прототипы и системы на их основе. Проведена уникальная научная работа по созданию прототипа системы автоматизированного планирования подготовки космонавтов с составлением плана подготовки для трех членов экипажа на 2,5 года.

Участвуя в реализации Федеральной космической программы России [3] и опираясь на методические рекомендации Министерства экономического развития Российской Федерации [4] Центру подготовки космонавтов предстоит сформировать собственную Программу инновационного развития для успешного решения задач, связанных с реализацией пилотируемых космических программ. Прорабатываются возможности повышения эффективности и рыночной привлекательности оказываемых услуг по подготовке космонавтов, определены возможные пути инновационного развития для обеспечения эффективной «цифровой трансформации». Ведутся работы по определению векторов развития в части управления и роботизации бизнес-процессов, применению виртуальной и дополненной реальности, внедрению новых информационных сервисов, а также модернизации учебно-методической базы подготовки космонавтов. Актуальной задачей является выявление компаний, предлагающих инновационные научно-технические решения, которые могут дать новые возможности как для уже имеющихся, так и для вновь возникающих задач подготовки космонавтов.

Литература

[1] Эксперты ожидают скорого окончания монополии России на рынке пилотируемых космических полетов // ИА Rambler News Service. 2016. 14 ноября. URL: <https://rns.online/military/Eksperti-ozhidayut-skorogo-okonchaniya-monopolii-Rossii-na-rinke-pilotiruemih-kosmicheskikh-poletov-2016-11-14/> (дата обращения: 10.09.2019).

[2] Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7.

[3] Федеральная космическая программа России на 2016–2025 годы (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2016 г. № 230). URL: <https://www.goscosmos.ru/22347/> (дата обращения: 10.09.2019).

[4] Методические указания по разработке (актуализации) программ инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций и федеральных государственных унитарных предприятий (утверждены поручением Правительства Российской Федерации от 07 ноября 2015 г. № ДМ-П36-7563). URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depino/201507035473> (дата обращения: 10.09.2019).

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ HLA ПРИ СОЗДАНИИ КОМПЛЕКСА ТРЕНАЖЕРОВ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ «ФЕДЕРАЦИЯ»

Ковригин С.Н., Пономарев К.В., Игнатьев С.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)
Алёшин А.В., Ваньков А.И.
(АО «НПО РусБИТех», г. Москва)

В России создается перспективный пилотируемый транспортный космический корабль (ПТК) «Федерация», предназначенный, прежде всего, для полетов в дальний космос, в частности – на Луну. Лунная пилотируемая экспедиция будет обеспечиваться целой группировкой космических летательных аппаратов и управляемых объектов, в которую, помимо ПТК, могут входить: лунный экспедиционный комплекс, лунный посадочно-взлетный комплекс, лунная орбитальная станция, лунная база, луномобили и другие средства. Основное отличие работы космонавтов в группе пилотируемых космических аппаратов (ПКА) от работы в экипаже автономного ПКА – активное взаимодействие, в том числе – при выполнении совместных динамических операций. Наземная отработка подобных задач должна выполняться на тренажерах, взаимосвязанных между собой подобно соответствующим ПКА.

Одна из перспективных технологий, решающих задачу информационного взаимодействия тренажеров – технология HLA («High Level Architecture» – международный стандарт группы IEEE 1516-2010, специфицирующий концеп-

цию, программную инфраструктуру распределения данных и объектную модель информационного обмена для тренажно-моделирующих систем) [1].

В докладе показана применимость технологии HLA для обеспечения информационного взаимодействия комплексного тренажера (КТ) ПТК с другими тренажерами и внешними системами в реальном масштабе времени. Для конкретных полетных задач представлены способы обеспечения информационного взаимодействия КТ с тренажерами других ПКА.

Показано, что применение технологии HLA обеспечивает решение всех подобных задач с минимальными затратами ресурсов, а также стимулирует различных разработчиков технических средств подготовки космонавтов следовать единым международным стандартам информационного взаимодействия. Технология позволяет не только легко наращивать комплекс тренажеров по определенной космической программе, но и обеспечивает стандартизацию и унификацию значительной части программных компонентов, обеспечивающих моделирование обстановки реального космического полета на наземных тренажерах.

Литература

[1] Программные средства поддержки интеграции распределенных тренажно-моделирующих систем по стандарту IEEE 1516-2010 (HLA). [Электронный ресурс], Научно-производственное объединение РусБИТех: сайт, URL: <http://rusbitech.ru/products/system-connect/rtti/>, (дата обращения: 14.06.2018).

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ДОКУМЕНТАЦИИ ETMDS: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

Ковригин С.Н., Толстов С.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)

Система удаленного доступа к документации ETMDS (англ.: Electronic Training Materials Distribution System) позволяет астронавтам и специалистам международных партнеров по МКС пользоваться учебными пособиями за пределами Центра через сеть Интернет. Доступ к документации возможен в любое время из любой точки мира.

ETMDS обеспечивает пользователю, в частности: защищенный канал связи с аутентификацией через VPN-тоннель, индивидуальный доступ к информации по принципу «read-only». Модуль удаленного доступа реализован на базе программно-аппаратного комплекса Check Point [1, 2].

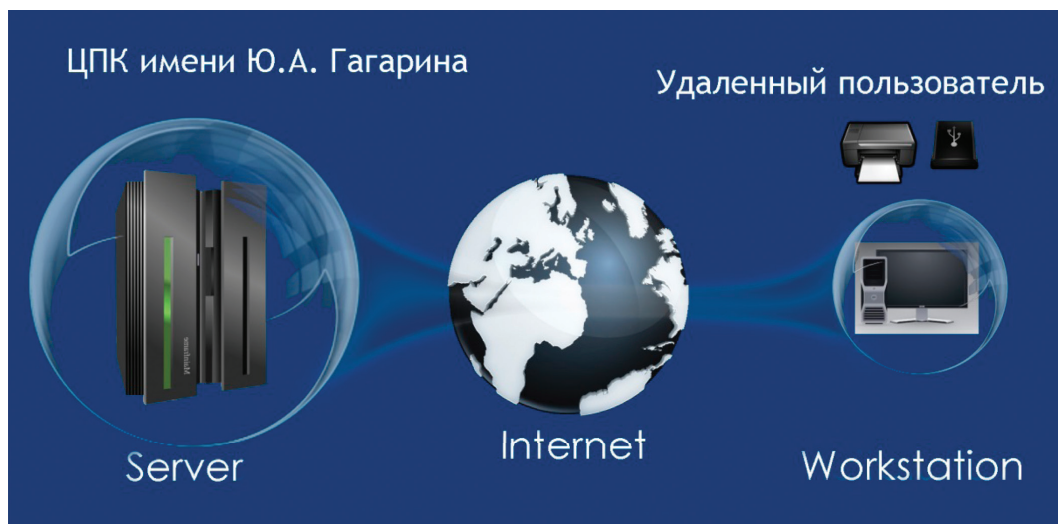


Рис. Схема предоставления доступа к документам

Система активно используется: на текущее время в ней зарегистрировано более 30-ти астронавтов и 250-ти специалистов. За период с сентября 2018 года по сентябрь 2019 года зафиксировано более 1500 обращений к системе.

Учебные материалы размещены в защищенном электронном хранилище и постоянно обновляются.

В докладе показаны актуальные направления развития и совершенствования системы в ближайшей перспективе, в том числе:

- обеспечение кроссплатформенности в связи с применением пользователями индивидуальных мобильных устройств (смартфонов и планшетов) под управлением операционных систем, отличных от Windows;
- повышение уровня контроля пользователей и устранения угроз утечки содержимого документов.

В частности, для минимизации рисков захвата изображения с экрана и обнаружения канала утечки информации предлагается применить механизм добавления водяных знаков при открытии документов.

Первый заместитель начальника Центра подготовки космонавтов Максим Харламов сообщил о перспективах космических полетов «по обмену»: после ввода в эксплуатацию американского ПКА одним из членов экипажа будет россиянин, а на ТПК «Союз» – в свою очередь – будет летать американец [3]. В связи с этим ожидается сохранение активности использования системы, а также ее дальнейшее развитие с учетом использования современных устройств и выполнения требований безопасности.

Представлены и другие направления развития системы.

Литература

- [1] Check Point Capsule: в зоне особого внимания // интернет-ресурс servernews – 09.12.2014 г. – <https://servernews.ru/906407/>.
[2] Интернет-ресурс официальный сайт CheckPoint: <https://www.checkpoint.com/ru/>.
[3] Российские космонавты будут летать на американских кораблях // интернет-ресурс РИА Новости – 28.08.2019 г. – <https://www.kommersant.ru/doc/4074201>.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНКЦИОНАЛА СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ

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

Система планирования и контроля исполнения государственного задания (далее – СПКИ) создается в Центре поэтапно. Первая очередь системы внедрена во всех основных подразделениях Центра в 2018 году.

Пока система осуществляет лишь сбор, хранение данных о трудозатратах, позволяет вести отдельный учет трудозатрат по статьям финансирования и подготавливать табель рабочего времени.

В то же время важной тенденцией развития методов управления деятельностью организации сегодня становится проектный подход. Проектное управление дополняет управление операционной деятельностью организации, которая, прежде всего, связана с постоянным производством продуктов или услуг [1]. (В нашем случае продукт – подготовленный к полету космонавт.) Проектное управление формализует горизонтальные связи подразделений и работников Центра при выполнении комплексных задач. Если операционная деятельность регулируется Регламентами, проектная – Уставом (Паспортом) проекта.

Для повышения эффективности деятельности Центра будет проведена модернизация СПКИ с целью существенного развития функционала. Направлениями развития, в частности, выбраны:

- проектное планирование;
- управление задачами и ресурсами проектов;
- контроль хода выполнения каждого проекта и проведение план-фактного анализа по трудозатратам.

В докладе представлены основные требования технического задания на модернизацию. В частности, обосновано использование диаграммы Ганта [2] как эффективного инструмента управления проектами.

Показано, что требования к аналитике и отчетам, представленным в «Личном кабинете» пользователя системы позволят ему получить наиболее

полную информацию в виде абсолютных, относительных или агрегированных показателей по проектам, а «Доска задач» будет представлять собой индивидуальный экран пользователя с отображением краткой информации обо всех порученных ему задачах.

Реализация проектного подхода позволит повысить оперативность и управляемость деятельности Центра.

Литература

[1] Project Management Institute. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK®) – Пятое издание©2013.

[2] У. Кларк. Графики Гантта. Учет и планирование работы. 5-е издание. – Москва: Техника управления, 1931.

ELMA – ПЛАТФОРМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Поминов С.В.

(Группа компаний «ELMA», г. Ижевск)

ELMA представляет собой программный продукт, реализующий концепцию процессного подхода к управлению предприятием. Согласно процессному подходу деятельность предприятия можно описать в виде бизнес-процессов, объединяющих работу различных департаментов для достижения целей организации. Универсальная платформа ELMA позволяет выстраивать корпоративные приложения для автоматизации бизнес-процессов предприятий различных отраслей.

Практика внедрений ELMA позволила сформировать наборы бизнес-процессов для автоматизации различных участков деятельности организации – электронного документооборота, проектной деятельности, системы управления закупками. Вместе с этим платформа ELMA поддерживает возможность подключения офисных роботов и искусственного интеллекта.

Офисные роботы выполняют массовые рутинные задачи, в которых выработан строгий алгоритм действий. К ним относится перенос данных между корпоративными приложениями и сайтами, заполнение экранных форм, работа с таблицами.

Разработки в областях искусственного интеллекта ELMA направлены на решение задач, выполнение которых основано не предыдущем опыте при отсутствии строгого алгоритма действий.

**ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ПОДГОТОВКОЙ КОСМОНАВТОВ
НА КОСМОДРОМЕ**

**Алексеев В.Н., Кобзев Е.А., Каспранский Р.Р., Пономарев К.В.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Вестибулярная подготовка космонавтов предназначена для определения вестибулярной устойчивости космонавтов к развитию космической болезни движения (вестибулярные исследования) и ее профилактики с помощью повторных вестибулярных воздействий (вестибулярные тренировки). Вестибулярные исследования проводятся при отборе и ежегодных медицинских обследованиях, вестибулярные тренировки – перед космическим полетом в два этапа. На первом этапе тренировки проводятся в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина в период от 6 до 4 недель до старта с участием специалистов по вестибулярной подготовке, на втором – тренировки проводятся в пределах 2 недель до старта врачами экипажей на космодроме Байконур. Сложность этапа вестибулярной подготовки на Байконуре заключается в следующем:

- вестибулярная устойчивость меняется от тренировки к тренировке, как правило, она повышается, но при ошибочной тактике планирования тренировок, она может снижаться (срыв тренируемости);
- прогноз на полет и рекомендации по двигательной активности и поведению космонавта в начальной фазе полета выдаются по результатам нескольких последних тренировок;
- врач экипажа не имеет повседневного опыта проведения вестибулярных тренировок и определения предрасположенности к космической болезни движения.

В связи с вышеизложенными обстоятельствами возникла необходимость разработки методики дистанционного управления процессом тренировок, позволяющей специалисту по вестибулярной подготовке, не находясь на космодроме, по каналу видеосвязи, оперативно вносить свои коррективы по ходу выполняемой тренировки, осуществлять контроль правильности выполнения, и, в конечном счете, оптимизировать вестибулярную подготовку космонавтов в предстартовом периоде на космодроме. Кроме того, такой подход дисциплинирует и самого космонавта в отношении выполнения запланированных тренировок.

Разработанная методика была вначале протестирована на базе Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Было установлено оборудование видеоконференцсвязи в разных корпусах, проведены проверки качества

изображения и возможности управления ходом тренировки без космонавта. Качество видеоизображения на экране было четким. Отмечалась задержка звука, примерно на 3–5 секунд.

Аналогичное тестирование с использованием стационарных терминалов видеоконференцсвязи было проведено с комплексом предполетной подготовки на Байконуре, качество полученного видеоизображения было четким. В условиях шифрования канала связи и достаточно большого расстояния между двумя абонентами, задержка сигнала также составляла 3–5 секунд, что не является помехой для качественного проведения тренировки, так как вращение на кресле продолжается до 10 минут, этого времени вполне достаточно для контроля правильности выполнения методики и при необходимости ее корректировки.

Указанная методика дистанционного управления вестибулярной подготовкой в сентябре 2019 года была впервые использована при подготовке одного из членов экипажа МКС-61/62. Специалист по вестибулярной подготовке, находящийся в Центре подготовки космонавтов, использовал стационарный терминал видеоконференцсвязи, а врач экипажа, находящийся на космодроме Байконур, использовал мобильный терминал видеоконференцсвязи, подключенный к беспроводной сети. Из-за использования мобильного устройства и динамично меняющегося изображения, качество видео ухудшалось, распадалось на блоки, иногда замирало. В результате, несмотря на задержку звука и артефакты видеоизображения при вращении кресла с космонавтом, специалисту по вестибулярной подготовке удалось оценить правильность выполнения вестибулярных проб и опросить космонавта о его самочувствии.

Результаты исследований могут быть основой для разработки предложений по модернизации и совершенствованию технических средств, используемых при вестибулярной подготовке космонавтов, в том числе, на космодроме Восточный. Предлагаемую методику дистанционного управления вестибулярной подготовкой космонавтов на космодроме следует относить к телемедицинским технологиям.

СЕКЦИЯ 9

**МОЛОДЕЖЬ
ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО
ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ**

**ПОДГОТОВКА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ
ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ –
ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

Каменев С.И., Хайруллина Р.Р.

(ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет)

Взятый ведущими вузами России, в том числе и УГАТУ, решительный курс на реализацию инновационных образовательных программ подразумевает самое серьезное внимание подготовке квалифицированных специалистов для высокотехнологических отраслей экономики, и прежде всего – для ракетно-космического комплекса.

В этой связи важным фактором является ранняя профориентация, повышение престижа инженерных и конструкторских специальностей, привлечение молодежи к обучению в ведущих технических ВУЗах.

С этой целью в Республике Башкортостан с 2012 года проводится международная аэрокосмическая школа имени космонавта-испытателя СССР У.Н. Султанова. Организаторы школы – УГАТУ и Башкортостанское региональное отделение Федерации космонавтики России.

Главная цель организаторов – популяризация профессий, связанных с авиацией и космонавтикой, поиск молодежи, мотивированной на трудовую деятельность на предприятиях авиационно-космического и машиностроительного профилей.

Участниками школы становятся победители и призеры международной олимпиады по истории авиации и воздухоплавания им. А.Ф. Можайского, победители республиканской олимпиады на Кубок Ю.А. Гагарина. В июле 2019 г. аэрокосмическая школа проводилась уже в восьмой раз. За это время она стала международной: в числе участников были юные любители и знатоки авиации и космонавтики из 13 стран дальнего и ближнего зарубежья [1].

Помимо лекций и практических занятий по авиационной и ракетно-космической тематике, регулярно проводятся встречи с известными учеными, руководителями предприятий, ветеранами вооруженных сил и космодрома Байконур, деятелями искусств.

За 8 лет существования школы в ней побывали и выступили с лекциями летчики-космонавты СССР: Дважды Герои Советского Союза В.В. Коваленок и В.А. Ляхов, Герои Советского Союза А.Н. Баландин, А.П. Арцебарский, И.П. Волк, летчики-космонавты РФ, Герои России С.Н. Ревин, М.Б. Корниенко, А.А. Скворцов, Заслуженный испытатель космической техники, кавалер ордена Ленина, генерал-майор, водитель «Лунохода» В.Г. Довгань [2].

В каждую смену организаторы школы совместно с Центром управления полетами устраивают сеансы связи с экипажами МКС.

Закономерно, что многие из участников аэрокосмической школы в последствие становятся студентами УГАТУ и других ведущих технических ВУЗов России.

Помимо этого проекта в УГАТУ уже свыше 15 лет успешно реализуется программа долгосрочного партнерства с ведущими предприятиями-лидерами авиакосмического комплекса России [3].

Ежегодно в период каникул группа лучших студентов УГАТУ – 25–27 человек направляется за счет университета в Москву, Подмоскowie и Санкт-Петербург для посещения ведущих российских аэрокосмических центров, предприятий, институтов. Целью данных поездок, помимо установления контактов с ведущими предприятиями – лидерами авиакосмического комплекса России, является знакомство с историей, сегодняшним днем и перспективами развития этих предприятий, встречи с ведущими специалистами и конструкторами, знакомство с лучшими разработками отечественных КБ.

За прошедшие годы студенты УГАТУ посетили Центр подготовки космонавтов им. Ю. Гагарина, Центр управления полетами (г. Королев), НПО «Измерительная техника» (г. Королев), РКК «Энергия» (г. Королев), НПО «Энергомаш» им. В.П. Глушко (г. Химки), МКБ «Факел» им. академика П.Д. Грушина (г. Химки), ГРЦ им. академика В.П. Макеева (г. Миасс).

В результате таких контактов закономерно устанавливаются долгосрочные партнерские отношения.

Подобные мероприятия позволяют студентам осознать значимость и престижность своих будущих профессий, проникнуться чувством гордости за свою страну и ее оборонно-промышленный потенциал.

Таким образом, установление партнерских отношений между ведущими предприятиями аэрокосмического комплекса России УГАТУ позволяет совместно успешно решать задачи подготовки специалистов для предприятий-работодателей, существенным образом повысить престиж профессий, связанных с авиационно-космическим и оборонным комплексом России.

Литература

- [1] Каменев С.И. И на Марсе будут яблони цвести... Вестник ЦИК РБ, Уфа, 2015. № 1/2 (23/24), – С. 60–62.
- [2] 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.
- [3] Каменев С.И., Гриценко О.Ю. Стратегическое партнерство с ведущими аэрокосмическими предприятиями России-залог подготовки конкурентоспособных специалистов в УГАТУ. Сб. материалов международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития двигателестроения», Самара, 2018. – С. 181–184.

ОРИЕНТИРЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

**Кубрушко П.Ф., Козленкова Е.Н.
(ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»)**

Современный уровень развития психолого-педагогической науки позволяет дать ответы на множество вопросов относительно профессионального самоопределения личности на протяжении всего жизненного пути. Существует множество положительно зарекомендовавших себя технологий профориентационной работы, обеспечивающих формирование готовности школьников к выбору профессии. Однако вопрос успешности профессионального самоопределения молодежи по-прежнему остается открытым и актуальным [1]. Такое положение дел обусловлено многими причинами. В частности, определяющими ориентирами выбора профессии являются: характер запросов и ожиданий школьников и их родителей относительно выбора профессионального будущего; размытая современная политика государства относительно профессиональной ориентации его граждан; ведущие тенденции развития системы профессий, обусловленные изменением предметной сферы профессиональной деятельности человека в условиях постиндустриального общества.

Современные школьники в условиях цифровой экономики имеют свободный доступ к информации о существующих профессиях, особенностях их получения, возможностях трудоустройства и карьерного роста. У школьников имеется и возможность получения представления об имеющихся у них способностях и склонностях. Поэтому решение проблемы выбора вида профессиональной деятельности имеет необходимую ориентировочную основу. Однако один и тот же вид профессиональной деятельности может быть реализован в разных сферах и отраслях экономики, что для большинства школьников является также важным ориентиром в выборе профессии. Развитие постиндустриального общества приводит к быстрым и существенным изменениям рынка труда, что и затрудняет принятие решения. Школьники и их родители, с одной стороны, находятся в условиях большого и разнообразного предложения путей получения профессии, а с другой стороны, хотят пойти в ту отрасль экономики, в которой будет обеспечена относительная стабильность и благосостояние будущего специалиста.

Применительно к космической отрасли проблема привлечения молодежи заключается в необходимости демонстрации ее конкурентных преимуществ и широкого спектра возможностей профессиональной самореализации. Так, многочисленные опросы школьников показывают, что у них проявляется

достаточно высокий интерес к вопросам, связанным с освоением космического пространства, однако намерение идти учиться и в дальнейшем работать в космической отрасли имеется у немногих. Это обусловлено некоторыми сложившимися стереотипами. В частности, распространенным мнением о закрытости отрасли и сложности трудоустройства, о необходимости длительного и «тяжелого» обучения, а также имеет место сложившееся представление о неадекватном соотношении ответственного тяжелого труда и невысокой, по сравнению с другими отраслями экономики, заработной платой [2].

Другой проблемой, затрудняющей профориентационную работу в интересах отрасли, является большое разнообразие популистских предложений по осуществлению пробы себя в профессии. Возможность современному школьнику попробовать себя и в роли робототехника, и в роли биотехнолога, IT-специалиста и прочих позволяет ему уточнить круг своих интересов. Однако это создает иллюзию легкости профессионального труда и своего вхождения в профессию, что, в свою очередь, приводит к формированию поверхностного представления о деятельности специалиста и снижению интереса к расширению представлений о характере труда и направлениях профессиональной деятельности.

Решение проблемы привлечения молодежи для обучения и дальнейшей работы в отраслевых интересах может осуществляться по нескольким направлениям. Во-первых, это поиск, отбор заинтересованных и способных школьников для дальнейшей работы с ними по развитию специальных способностей, расширению представлений о работе и учебе в интересах конкретной организации и отрасли в целом. Сегодня данное направление успешно реализуется как предприятиями, так и вузами, школами через открытие профильных классов, а также организацию различных конкурсов, олимпиад, участники и победители которых получают определенные преимущества при поступлении в профильные вузы и колледжи. Во-вторых, это расширение межотраслевого взаимодействия и интеграция усилий представителей производства, образования, общественности с целью демонстрации преимуществ и перспектив профессиональной самореализации в различных отраслях.

Литература

[1] Чистякова С.Н. Оценка становления и тенденции развития проблемы профессионального самоопределения обучающихся // Профессиональная ориентация и занятость молодежи. – 2017. – № 1. – С. 5–8.

[2] Кубрушко П.Ф., Козленкова Е.Н., Захаров О.Е., Попова Е.В. Межотраслевая интеграция профориентационных образовательных программ // Научное обозрение: гуманитарные исследования. – 2017. – № 14–15. – С. 11–16.

НОВЫЙ ВИТОК В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ МОЛОДЕЖИ

Гапонов В.Е., Гамагин А.С., Зацепина Е.В., Шабуров Д.В.
(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» большое внимание уделяет созданию и внедрению Молодежных образовательных космоцентров и реализации на их базе дополнительных образовательных программ для школьников и студентов.

27 февраля 2019 года в Донском филиале центра тренажеростроения (г. Новочеркасск) открыли первый молодежный образовательный Лунный космопарк «Селен» в России. Лунный космопарк, по своей сути, является дальнейшим развитием темы создания Молодежных образовательных космоцентров.

Цель создания Лунного космопарка – знакомство молодого поколения с современной космической техникой, пилотируемыми программами, способами и этапами выполнения космических полетов на околоземную орбиту, пилотируемыми полетами к Луне и другим планетам, с проблемами, которые предстоит решать космонавтам на поверхности Луны, Марса и астероидах, а также, с целью организации и обеспечения молодежного познавательного развлекательного досуга населения России. Для этого создан целый набор технических средств, часть из них динамические средства, другие – статические с элементами виртуальной и смешанной реальности.

На объектах Лунного космопарка посетители разных возрастов, включая детей, молодежь и старшее поколение, смогут в интерактивной игровой форме познакомиться с:

- этапами операции стыковки и расстыковки космического корабля с орбитальными модулями международной и лунной космической станции;
- отстыковкой, спуском и прилунением Лунного взлетно-посадочного корабля;
- перемещением по лунной поверхности на лунном ровере с целью поиска прилунившихся спускаемых лунных грузовых модулей и доставкой полезных грузов на лунную базу;
- визуальным окружением лунного ландшафта;
- стартом с поверхности Луны и стыковкой с Лунной станцией Лунного взлетно-посадочного корабля;
- средствами шлюзования и обеспечения выхода в открытый космос с использованием технологий виртуальной реальности;
- перемещение на ровере по поверхности Марса с целью изучения поверхности малоизученной планеты, атмосферных явлений, основам ориентирования на местности, поиску и доставке полезных грузов на марсианскую базу;

– принципами навигации и пилотирования космических аппаратов в условиях невесомости; основам поиска и сбора полезных ископаемых в поясе астероидов с использованием радара и лазерного спектрометра;

– демонстрацией учебно-познавательных сферических фильмов на куполе планетария.

Состав средств Лунного космопарка позволяет реализовать практически все используемые в настоящее время формы работы с молодежью применительно к задачам профориентации молодежи и популяризации работ в области освоения космического пространства.

В молодежном образовательном Лунном космопарке «Селен» могут быть реализованы два основных способа (формы) организации работы с посетителями:

1) Организация разовых мероприятий (экскурсий, лекций, семинаров), обеспечивающих возможность ознакомления посетителей в процессе посещения с оборудованием лунного космопарка, проблемами и объектами пилотируемой космонавтики.

2) Проведение образовательного процесса в рамках дополнительного образования школьников по программам дополнительного образования различной длительности и направленности, адаптированных к возрастным особенностям обучающихся.

Программа дополнительного образования «Виртуальный полет на Луну» проведет юных космонавтов через полный цикл виртуального посещения спутника нашей планеты, выполняя операции начиная от предстартовой подготовки космического корабля, стыковки космического корабля с окололунной орбитальной станцией, спуск и прилунение на поверхность Луны, поиск полезного груза и доставка его на базу, взлета с поверхности Луны и возвращения на Землю.

Проводя время в Лунном космическом парке «Селен», посетители получают дополнительные знания в области астрономии, небесной механики, математике и физике, управления космическими полетами, кораблями, луноходами и марсоходами.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ. ПРОГРАММИРОВАНИЕ И РОБОТОТЕХНИКА

**Салмина М.А., Чирков Д.К., Насонов Д.С., Шишкина Л.Н.
(ГБПОУ «Воробьевы горы», г. Москва)**

Подготовка высококвалифицированных специалистов для отечественной экономики, в том числе для ракетно-космической промышленности, – одна из наиболее актуальных задач.

Система дополнительного образования предоставляет широкие образовательные и профориентационные возможности. На площадке Московского Дворца пионеров (ГБПОУ «Воробьевы горы») ведется подготовка школьников в таких областях, как астрономия, космонавтика, космические исследования, геофизика и смежные с ними дисциплины. Реализуется многоуровневая система подготовки учащихся по направлению робототехника, представлена широкая линейка образовательных программ в сфере информационных технологий. Система обучения построена на принципах преемственности и непрерывного образования. В процессе обучения приоритетной является проектно-исследовательская деятельность обучающихся, их участие в профильных конкурсах и олимпиадах.

В ходе реализации дополнительных образовательных программ обучающиеся получают знания в таких областях, как история и современное состояние астрономии, ракетно-космическая техника, космические исследования (освоение и исследование космоса). Также изучаются практические приложения космических исследований: дистанционное зондирование Земли, геоинформатика, радарное картирование космических тел, наблюдение и изучение астрономических объектов, включая потенциально опасные астероиды. Практико-ориентированное обучение, направленное на решение конкретных практических задач, способствует профильной подготовке, формированию предпрофессиональных компетенций обучающихся. Приводится опыт разработки проекта учащихся по программированию роботизированных устройств для космической отрасли.

Занятия проходят как в учебных аудиториях, так и в специализированных помещениях здания на Воробьевых горах – планетарии и обсерватории, технопарке Дворца. Регулярно проводятся выезды и экскурсии в такие профильные организации, как Институт Астрономии РАН, Институт Космических Исследований РАН, НПО им. С.А. Лавочкина.

ЭКСКУРСИОННАЯ РАБОТА КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОГО ИНТЕРЕСА У ШКОЛЬНИКОВ

**Ерёмин С.П., Сметанина Н.И.
(ГБОУДО ЦЭВД)**

Мы живем в сложное время, которое характеризуется динамизмом социальных процессов в стране и в мире. Сегодняшние выпускники должны уметь ориентироваться в потоке информации; видеть и творчески решать возникающие проблемы, продуктивно взаимодействовать с другими людьми. Все перечисленные компетенции современная школа сформировать должна, но не всегда способна в силу различных обстоятельств. Отличным помощником здесь выступает система экскурсионной деятельности [1].

Экскурсия может применяться и как самостоятельная форма воспитания и обучения, и как составная часть других форм, как, например, в рамках профориентационной работы. Правильно организованные экскурсии могут принести много пользы для развития подрастающего поколения.

Любая экскурсия предполагает усилия ее участников по усвоению новой информации, поэтому лучше, если учащиеся подготовлены заранее. Учитель должен создать у группы интерес и привлечь внимание к ожидающему их экскурсионному материалу. В свою очередь, экскурсовод должен удерживать внимание у своей аудитории [2].

А для обеспечения обратной связи, можно провести конкурс рисунков, сочинений, стихов по теме прошедшей экскурсии; сделать компьютерную презентацию, разработать проект.

Хочу поделиться опытом работы по организации экскурсионной деятельности с учащимися школы № 354 им. Д.М. Карбышева.

На общешкольном форуме была высказана идея связать экскурсионную деятельность в 2018–2019 учебном году с 30-летней годовщиной полета многогоразового космического корабля «Буран». Мы считаем, что интерес учащихся к истории космонавтики, может повлиять на их жизненное самоопределение и будущую профессиональную деятельность.

В рамках нашего экскурсионного клуба мы посетили музей космонавтики на ВДНХ; дом-музей академика С.П. Королева; центр «Космонавтика и авиация» в отреставрированном павильоне «Космос» на ВДНХ; интерактивный музейный комплекс «Буран» на ВДНХ; музей Центрального дома авиации и космонавтики; станцию МАРС (ТРЦ «Ривьера»); московский планетарий. Особое впечатление произвела экскурсия в Звездный городок, когда учащиеся посетили музей Ю.А. Гагарина, Международную космическую станцию и космоцентр.

Учащиеся узнали много нового о космонавтике и роли нашей страны в освоении космоса. В музеях им особенно понравился интерактивный характер экспозиции: возможность подержаться за штурвал «Бурана», примерить скафандр, попробовать космическую еду. Вместе с тем, они благодарны экскурсоводам: без них сложно было бы сориентироваться в большом числе экспонатов.

Для лучшего усвоения информации, экскурсии проходили в три этапа:

1 этап – подготовительный (презентация): учитель знакомит ребят с предстоящим объектом и приглашает их вместе с родителями на экскурсию.

2 этап – основной: проводится экскурсия, по ее окончании ребята получают задания.

3 этап – заключительный: на уроках и классных часах школьники рассказывают о своих впечатлениях, пишут отзывы, проекты, с которыми выступают на классных часах, публикуют их в школьной газете и на сайте.

Под впечатлением от увиденного, наш ученик Святослав Свиридов разработал проект «Тридцать лет без «Бурана», с которым успешно выступил на Московском конкурсе проектов учащихся и на международных Карбышевских чтениях. Также наши ученики выступали с проектами, посвященными первому искусственному спутнику Земли и Герою Советского Союза В.А. Шаталову.

По опыту деятельности экскурсионной группы «Моя Москва» можно сделать некоторые выводы:

1. Экскурсионной деятельностью охвачено 260 учеников, 37 родителей и 11 учителей школы № 354.

2. Подобрался дружный коллектив экскурсоводов из 11 учеников, трое из которых решили связать свою будущую жизнь с этой работой.

3. Участники проекта ощущают свою пользу, а благодарность слушателей говорит о том, что проект надо продолжать и расширять.

Экскурсионная работа по космической направленности позволила выявлять интересы учащихся к космическим профессиям, самовыражаться через компьютерные презентации и исследовательские работы, посвященные освоению космоса. Тем самым, экскурсионная деятельность способствует жизненному самоопределению школьников.

Литература

[1] Александров И.Н., Сергиенко Л.А. Экскурсионная работа в общеобразовательной школе. // Молодой ученый. – 2013. – № 9. – С. 350–352.

[2] Справочные материалы по организации экскурсионной деятельности в образовательных учреждениях. – Ростов-на-Дону, 2015.

**ПРОЕКТ «РОССИЯ – РОДИНА КОСМОНАВТИКИ»
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ КУЛЬТУРЫ
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
«КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ В.В. ТЕРЕШКОВОЙ»**

**Воронина Н.Е.
(ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой, г. Ярославль»)**

Россия – родина космонавтики, откуда берет начало космическая эра человечества. Мы по праву гордимся тем, что первый искусственный спутник Земли был создан учеными нашей страны, первым человеком Вселенной стал наш соотечественник Юрий Алексеевич Гагарин, а первой в мире женщиной-космонавтом – наша землячка, Валентина Владимировна Терешкова.

Тема сохранения и развития национального космического наследия в условиях непростой современной геополитической и экономической обстановки прочно занимает свое место среди приоритетов развития нашего государства.

Планетарий сегодня – это multifunctional ресурсный комплекс, познавательно-образовательный центр популяризации международного и межрегионального культурно-просветительского туризма, достижений науки, естественно-научного и космического образования, культуры и искусства, организации интеллектуального отдыха и проведения семейного досуга.

С целью популяризации космонавтики в ракурсе международного и межрегионального культурно-просветительского туризма, увеличения туристических потоков, развития маршрутов выходного дня Культурно-просветительский центр имени В.В. Терешковой предлагает проект «Россия – Родина космонавтики».

Задачами проекта являются:

- кооперация межрегиональных возможностей в рамках Проекта «Россия – Родина космонавтики» с опорой на актуальные тренды и мировые тенденции;
- продвижение бренда Центра и позитивного опыта региона в организации внутреннего и международного культурно-просветительского туризма, обмен наилучшими практиками (в том числе через СМИ, телекоммуникационную сеть Интернет, социальные сети) на базе Центра.

Проект разработан с учетом двух уровней: федерального и регионального. Федеральный модуль включает организацию на договорной основе в рамках действующих соглашений, проведение международных фестивалей и конференций, передвижных выставок, гастролей планетариев, обучающих семинаров. Региональный модуль состоит из четырех базовых интерактивных

экскурсионных блок-модулей, составленных с учетом специфики аудитории. Данный проект предусматривает вариативно-адресное наполнение программы.

Предлагаемый Проект способствует созданию условий для повышения возможностей популяризации отечественной космонавтики среди подрастающего поколения, а также качества и разнообразия услуг, предоставляемых в сфере науки, культуры и искусства.

Положительное явление проекта – эффективная кооперация экспертов по космонавтике, астрономии, туризму, деятелей науки, культуры и образования при подготовке масштабных культурных и научно-популярных проектов, способствующих развитию повышения интереса к космической отрасли у населения.

ВКЛАД УЧЕНЫХ ВГМУ ИМ. Н.Н. БУРДЕНКО В ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА ОРГАНИЗМ

Попова И.А.
(ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н. Н. Бурденко», г. Воронеж)

Уже более 50 лет учеными Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко выполняются исследования в области космической биологии и медицины [1]. Все началось с ноября 1965 года, когда стало формироваться научное сотрудничество Воронежского мединститута и государственного научно-исследовательского испытательного института авиационной и космической медицины (ГНИИИ АиКМ), где широким фронтом проводились космобиологические исследования, в которых и приняли участие сотрудники многих кафедр нашего вуза [2,3]. Основоположником этого взаимодействия стал Всеволод Васильевич Антипов – золотой выпускник ВГМИ 1951 года.

На кафедре гигиены изучалась космическая радиационная гигиена, в частности, обоснование предельно допустимых доз радиационного воздействия во время полета для разнообразных биологических объектов, включая и человека.

На кафедре клинической фармакологии в тесном взаимодействии с сотрудниками радиобиологического отдела ГНИИИ ВМ МО РФ был разработан ряд фармакологических препаратов, позволяющих уменьшить радиационное поражение головного мозга.

На кафедре пропедевтики внутренних болезней под руководством профессора Сафонова Ю.Д. выполнялась разработка методов врачебного контро-

ля состояния космонавтов во время предполетной подготовки, послеполетной реабилитации и полетного мониторинга.

На кафедре нормальной анатомии изучалось изолированное и комбинированное действие физических, динамических и химических факторов внешней среды на ряд биологических объектов (черепах, мышей, крыс линии Вистар, собак, обезьян). Кроме того, изучалось развитие некоторых конструктивных элементов периферической нервной системы в условиях невесомости и искусственной гипергравитации.

На кафедре гистологии проведен ряд исследований по изучению морфофункциональной организации нейроэндокринного комплекса и периферических эндокринных желез в условиях воздействия факторов авиационного и космического полетов, являющихся экстремальными для организма человека.

Кафедра медицинской физики занималась разработкой и экспериментальным обоснованием импедансметрического метода исследования кровенаполнения органов малого таза при моделировании факторов полета.

На кафедре биологии с экологией в тесном сотрудничестве с НИИ авиационной и космической медицины и Центральной научно-исследовательской лабораторией (нынешний НИИ ЭБМ) проводились исследования влияния факторов космического полета на интерстициальную ткань органов желудочно-кишечного тракта (печени, желудка, тощей кишки) у монгольских песчанок. Были предложены современные методы исследования, позволяющие провести объективную оценку. Подходы оказались востребованными, и первые эксперименты были проведены в полете КА «ФОТОН-М» № 3.

В результате колоссальной работы сотрудников ВГМУ им. Н.Н. Бурденко были получены новые важные данные об антигравитационной системе изучаемых внутренних органов, которые применяются для разработки новых мер профилактики для космонавтов в условиях орбитальных полетов.

В исследовательской работе принимает активное участие студенчество. Результаты своих работ они докладывают на ежегодной Всероссийской Бурденковской конференции нашего университета на секции «Космическая биология и медицина».

Кроме того, они выступают на ежегодной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Института медико-биологических проблем, посвященной вопросам космической биологии и медицины.

В 2007 году ВГМА им. Н.Н. Бурденко была принята в Федерацию космонавтики РФ благодаря ценному вкладу в развитие отечественной космонавтики. В настоящее время исследования биологических эффектов факторов космического полета активно продолжаются.

Литература

[1] Атякшин Д.А. Антипов Всеволод Васильевич – один из основоположников космической радиобиологии / Д.А. Атякшин // Материалы XXXVII Международных общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина (МО, Гагаринский район, 9–12 марта 2010 г.) – М., 2010. – 220 с.

[2] Зорников И.Н. Антипов Всеволод Васильевич: Человек. Ученый. Гражданин. / И.Н. Зорников, Ф.З. Блинчевская, Д.А. Атякшин / под общей ред. д.м.н., проф. И.Э. Есауленко. – Воронеж: Изд-во ВГМА им. Н.Н. Бурденко, 2008. – 447 с.

[3] Попова И.А. Об участии В.В. Антипова в работе международных форумов по космической биомедицине / И.А. Попова, Т.В. Гревцева, Л.Г. Величко, Д.А. Атякшин, А.Н. Пашков // Молодежный инновационный вестник. – Воронеж: ВГМУ, 2017. – Т. 6. – № 2. – С. 234–236.

МОЛОДЕЖНЫЕ КОСМОЦЕНТРЫ И ЛУННЫЕ КОСМОПАРКИ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОЛОДЕЖИ

**Шукшунов В.Е., Потоцкий С.И., Гапонов В.Е., Бирюков Ю.Б.,
Гамагин А.С., Максимов А.С.**

(ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала», г. Москва)

Одним из направлений деятельности ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» является создание программно-аппаратных обучающих комплексов для дополнительного космического образования молодежи.

Используя 43-летний опыт создания широкого спектра тренажеров для подготовки космонавтов в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» в последние 15 лет разрабатывает и создает интерактивные тренажеры и аналоги космического транспортного корабля и модулей Российского сегмента Международной космической станции (МКС), симуляторов и динамических стендов для оснащения Молодежных образовательных космических центров (Космоцентров), Центров космического образования молодежи, Лунных космопарков, авиакосмических музеев, планетариев в целях пропаганды достижений отечественной космонавтики, обучения и дополнительного образования школьников и студентов, патриотического воспитания молодежи.

В 2002 году генеральным директором – главным конструктором ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» В.Е. Шукшуновым было принято решение о создании в Донском филиале Центра тренажеростроения (г. Новочеркасск) первого в России Молодежного образовательного космоцентра «Астрон» имени летчика-космонавта Г.С. Шонина, а в 2005 году этот центр был открыт.

Возможности Космоцентра «Астрон» позволяют посетителям любого возраста совершить на Земле полный цикл космического полета на интерактивных аналогах – тренажерах пилотируемых космических аппаратов (ПКА) – от старта транспортного космического корабля «Союз-ТМА», его стыковки с МКС, работы на борту станции до расстыковки, спуска, приземления спускаемого аппарата корабля в сопровождении поисково-спасательного вертолета.

Для «полета» школьников и студентов к МКС в условиях Земли в Космоцентре «Астрон» имеются аналоги (тренажеры): транспортного космического корабля, МКС, поисково-спасательного вертолета, виртуальный центр управления полетами и другие. Свои восторги дети – участники «полетов» к МКС выражают словами: «Класс! Здорово! Готов работать в тренажере часами! Здесь все настоящее!».

За 13 лет работы Молодежного образовательного космоцентра в Новочеркасске его посетили более 23 тысяч школьников и студентов из различных городов Юга России.

Имеющиеся в составе Космоцентра программно-технические средства позволяют проводить различные виды занятий со школьниками, молодежью и взрослыми посетителями: теоретические, практические, лабораторные, исследовательские, а также проводить тренажную подготовку.

В Космоцентре «Астрон» проводятся тематические экскурсии по темам: «Профессия – космонавт», «Ю.А. Гагарин – гражданин Земли», «История пилотируемой космонавтики», мастер-классы летчиков-космонавтов.

Как показал опыт создания нашей организацией Космоцентров в г. Новочеркасске, а затем и в других городах России и за рубежом, использование в Космоцентрах аналогов реальной космической техники сделало их посещение привлекательным для молодежи и позволило сформировать техническую базу для проведения образовательного процесса.

Для реализации дополнительных образовательных программ в Донском филиале Центра тренажеростроения на базе Космоцентра «Астрон» создан Центр космического образования молодежи (ЦКОМ), заключены договоры между ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» и школами города Новочеркасска, а также родителями учеников на обучение по дополнительным общеразвивающим образовательным программам «Полет к космическим станциям и на планеты»; «Мы строим космическую станцию»; «Конструктор космической техники».

Дополнительные общеразвивающие образовательные программы расширяют и углубляют знания школьников, получаемых в рамках школьной программы по физике, математике, информатике, астрономии; приобщают школьников к работам в области высоких информационных технологий; спо-

способствуют профессиональной ориентации школьников; формируют инновационное мышление; обеспечивают получение новых знаний в области создания программных и технических систем.

27 февраля 2019 г. в городе Новочеркасске, в Донском филиале Центра тренажеростроения открыты двери первого в России Лунного космопарка «Селен» имени летчика-космонавта РФ, Героя России Циблиева В.В.

Лунный космопарк «Селен» оснащен комплексом интерактивных динамических и статических тренажеров, симуляторов и стендов, позволяющий детям совершать виртуальный полет на Луну, путешествие на марсоходе по поверхности Марса, полет на космическом мотоцикле к Астероиду и поиск полезных ископаемых.

Только за два месяца его посетило более 1600 школьников Ростовской области.

ПРОФОРИЕНТАЦИОННАЯ РАБОТА С МОЛОДЕЖЬЮ В КОНТЕКСТЕ ПРИОРИТЕТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОЦЕНТРА

**Васильева Г.А., Захаров О.Е., Васильев А.В., Кинжалова П.А., Веденина Ю.О.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

Самый надежный ресурс современного общества – это образованное и воспитанное молодое поколение, осознающее ценность знаний и необходимость получения образования в течение всей жизни, понимающее, что будущее страны связано с ее инновационным развитием.

Когда человек осознает свои жизненные цели и планы, верно оценивает возможности их реализации, речь идет о зрелом выборе, позволяющем осуществить собственные намерения в соответствии с профессиональными интересами и потребностями [2].

Достижение намеченных целей требует особой педагогической системы, которая ориентирует школьников на осознанный профориентационный выбор.

В настоящее время в российском образовании такая система выстроена следующим образом: организация профориентационного обучения, когда обучающиеся 8–9 классов учатся делать выбор направления образования из числа доступных для них альтернатив, наиболее соответствующих их индивидуальным возможностям и потребностям; организация профильного обучения на старшей ступени, когда у старшеклассников объективно начинают выстраиваться планы относительно своей будущей профессии; профориентационная работа, когда школьники в ходе социальных практик и профессио-

нальных проб осознает свои потенциальные возможности, ресурсы и способы реализации выбранного жизненного пути [4].

Профориентация и социальная адаптация обучающихся общеобразовательных учреждений является одним из приоритетных направлений в деятельности Космоцентра, функционирующего на базе Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

Космонавт-испытатель отряда космонавтов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» и общественный деятель О.Г. Артемьев подчеркивает: «Развитие космических технологий важно для приобретения знаний, которые позволят обеспечить национальную безопасность, технологическую независимость и благосостояние граждан. Поэтому, необходимо открывать профильные классы и строить новые школы с инженерным и техническим уклоном».

В условиях структурного и содержательного обновления образовательной политики Космоцентра проблема организации профориентационной работы приобретает особую актуальность.

Целью профориентационной работы в Космоцентре является создание условий для формирования готовности подростков к профессиональному самоопределению через предоставление возможности получать предпрофильную, профильную подготовку по космическим специальностям.

Задачи профориентационной работы: познакомить обучающихся с современными достижениями в области космической науки и техники; пробудить у школьников исследовательский интерес и мотивационную установку к освоению космического пространства; активизировать познавательную и практическую деятельность обучающихся по формированию ранней профессиональной космической направленности [3].

Анализ работы Космоцентра дает возможность нетрадиционного прочтения существующего опыта системы профориентационной работы:

1. Космоцентр активно использует реальное тренажерное оборудование для проведения занятий (комплекс модулей орбитальной станции «МИР», тренажер стыковки космического корабля «Союз», виртуальный Центр управления полетами и др.). Такие занятия развивают личность ребенка, его потенциал, творческие возможности, дают определенную ориентацию в жизни и формируют профориентационный выбор.

2. Деятельность Космоцентра осуществляется по профориентационным программам, которые интересны подросткам и молодежи. В процессе их реализации развивается тип мышления, адекватный будущей профессии. Формируется социальная компетентность.

3. Космоцентр, как технический обучающий комплекс, представляет собой естественную педагогическую лабораторию, где осуществляется поиск

новых методов развития успешности ребенка через создание нестандартных ситуаций.

4. Космоцентр является площадкой для неформального общения школьников с космонавтами, инструкторами, преподавателями.

5. Специалисты Космоцентра в полной мере обладают качествами, необходимыми для профориентационной работы в современных условиях.

Мы полагаем, что опыт Космоцентра по организации предпрофильной подготовки и профильного обучения будет интересен в плане практического его использования.

Литература

[1] Даутова О.Б., Крылова О.Н. Современные педагогические технологии в профильном обучении. – СПб: КАРО, 2016.

[2] Организация профильного обучения в средней школе: нормативы, планирование, рекомендации. – Волгоград: Учитель, 2007.

[3] Селиванова З.Л. Ранняя профориентация как научная задача государственной политики. // Социология. – 2016. – № 4. – С. 136–140.

[4] Интернет-ресурс: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24134815>

ОПЫТ РАБОТЫ КОСМОЦЕНТРА ЦПК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

**Веденина Ю.О., Захаров О.Е., Кинжалова П.А., Васильева Г.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

В России, проблема обеспечения комфортных условий посещения культурно-просветительских объектов для людей с особенностями здоровья, была освещена во второй половине 2000-х годов. В 2010 году правительство Российской Федерации утвердило федеральную программу «Доступная среда» на 2011–2020 годы, в цели которой входит «формирование условий для обеспечения равного доступа инвалидов наравне с другими людьми – к физическому окружению, транспорту, к информации и связи, а также объектам и услугам, открытым или предоставляемым для населения» [1].

Благодаря осуществлению данной программы, люди с особенностями здоровья стали более мобильными, упростилась процедура организации экскурсионных и интерактивных программ в музеях, центрах, площадках активности.

Тематика космоса и Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) вызывает искренний интерес у всех групп населения. В ЦПК неоднократно были проведены экскурсионные и интерактивные программы для

людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ): для людей с проблемами опорно-двигательного аппарата, людей, проходящих реабилитацию в психоневрологических учреждениях, а также, для людей с нарушениями зрения и слуха.

История знает не мало примеров, когда люди с ОВЗ достигали значимых результатов в творчестве, науке и технике. Основоположники отечественной космонавтики К.Э. Циолковский и С.П. Королев, не смотря на нарушения слуха, совершили важнейшие шаги в освоении и исследовании космического пространства.

Не вызывает сомнения, что в работе с каждой группой с ОВЗ необходим индивидуальный подход, учитывая потребности и ограничения. Немаловажно поддерживать интерес посетителей, создавая необходимые условия, обеспечивающие комфорт пребывания и доступность познания предоставляемой информации. В докладе описаны формы и методы, используемые сотрудниками Космоцентра, при работе с разными группами посетителей с ОВЗ.

Литература

[1] Паспорт государственной программы Российской Федерации «Доступная среда» на 2011–2020 годы.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОФОРИЕНТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ В КОСМОЦЕНТРЕ ЦПК С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОСПРИЯТИЯ ПОКОЛЕНИЯ IGEN

**Кинжалова П.А., Захаров О.Е., Веденина Ю.О., Васильева Г.А.
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», Звездный городок)**

На сегодняшний день в России и в мире вопрос различий между поколениями приобретает все большую актуальность. Однако между собой все поколения взаимосвязаны, так как предыдущие поколения посредством своей деятельности формируют поколения настоящие, а те в свою очередь, будущие.

Впервые об особенностях и различиях поколений заговорили в 1961 году. Ученые разработали теорию, которая основывается на особенностях восприятия информации [1].

Рожденные в период с 1965 по 1980 год являются представителями поколения X. Их отличительные стороны – это упорный труд, умение рассчитывать только на себя, готовность выбирать, меняться.

Люди поколения Y – это люди, рожденные в период с 1981 по 1994 год. Основной ориентир представителей данного поколения – это немедленный рост, как в личностном, так и в карьерном плане.

Тех, кто был рожден в период с 1995 до 2012 года, принято считать поколением iGen. Поколение iGen – это люди, которые «родились с телефоном в руках». Считается, что дети этого времени растут вместе со смартфонами и большая часть этого поколения даже и не помнит того времени, когда не было интернета. Появление смартфонов в жизни людей и развитие информационных технологий сильно повлияло на каждый аспект жизни, как подростков, так и взрослых людей [2].

Бобби Шатто и Келли Эрвин отмечают, что, так называемые, дети iGen поколения способны воспринимать информацию разбитыми блоками, то есть это небольшие вырезки из контекста. Такой подход, с одной стороны, является положительным, так как человек способен выполнять много задач, концентрировать внимание на самом главном. Но, с другой стороны, есть и отрицательные моменты в виде малого объема поглощаемой информации, быстрой потери интереса и, как следствие, поверхностное осмысление [3].

Но рано или поздно всем нынешним детям придется столкнуться с учебой. Естественно при обучении используется комплексный подход, однако любой педагог должен учитывать то, какая именно аудитория слушателей: что им интересно, как подавать информацию так, чтобы и научить, и чтобы подача была интересной.

В Космоцентре ЦПК большое внимание уделяется разработке профориентационных программ с учетом разности поколений, выражающееся в различии подходов к формированию наполняемости программы, времени ее проведения, а также уровня образованности посетителей.

В докладе проанализированы особенности восприятия информации о космосе с точки зрения iGen поколения, а также способы и методы проведения профориентационных программ с таким типом слушателей Космоцентра.

Литература

[1] Интернет-ресурс: статья – iGen: поколение, родившееся со смартфоном в руке – <https://womo.ua/gen/>;

[2] Идальго С. Как информация управляет миром. Эксмо, 2016. – 465 с.

[3] Винокурова, М.А. Развитие российского общества: социально-экономические и правовые исследования/ М.А. Винокурова, А.П. Киреенко, С.В. Чупрова. – Москва: Наука, 2014. – 632 с.

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РАЗВИТИЕ ДИВЕРГЕНТНОГО ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ У ОБУЧАЮЩИХСЯ

Глухарева Е.В., Сапарова К.И.

(МБОУ «Лицей № 35 – образовательный центр «Галактика», г. Казань)

В Стратегии развития России до 2035 года, представленной А. Кудриным, отмечается значительное техническое отставание страны, связанное с дефицитом квалифицированных кадров. Одним из возможных решений этих задач является создание в школе образовательной среды, обеспечивающей оптимальные условия для развития дивергентного инженерного мышления. Способствовать этому может реализация проекта «Формирование образовательной среды, обеспечивающей оптимальные условия для развития дивергентного инженерного мышления».

Основная идея исследования в рамках реализуемого проекта заключается в создании таких условий в образовательных организациях, которые будут способствовать развитию всех видов инженерного мышления (по А.М. Кондакову): логического, конструктивного, исследовательского, технического, творческого, экономического.

Цель проекта: создание условий для формирования дивергентного инженерного мышления у участников образовательных отношений.

Содержание работы заключается в организации деятельности по следующим направлениям:

1. Работа с педагогическими кадрами по повышению квалификации. В рамках данного направления была организована системная работа по повышению квалификации учителей в области владения теорией и практическим аспектами формирования дивергентного инженерного мышления у обучающихся.

2. Разработка и апробация программно-методического комплекса.

Работа велась в течение 5 месяцев, по результатам которых уже на сегодняшний день разработаны:

1) Программа специального учебного курса «Основы проектной деятельности»;

2) Программа предпрофильной подготовки обучающихся «Ракетно-космическое моделирование»;

3) Программа предпрофильной подготовки обучающихся «Электромонтажные работы»;

4) Программа профильной подготовки обучающихся «Химия и медицина»;

5) Проект «Проектирование образовательной среды, обеспечивающей развитие дивергентного инженерного мышления»;

6) Рабочая тетрадь учителя «Проектирование современного урока: открытые задачи как способ формирования дивергентного инженерного мышления»;

7) Сборник конспектов уроков «Инновационные подходы к преподаванию в современной школе: использование открытых задач в урочной и внеурочной деятельности»;

8) Сборник предметных заданий «Открытые задачи в современной школе»;

9) Брошюра «Методы и приемы развития дивергентного инженерного мышления»;

10) Методические рекомендации по организации настольной игры «Галактика будущего».

3. Работа с обучающимися.

В рамках реализации проекта в лицее введены следующие специальные учебные курсы для 5–8 классов:

- «Основы проектной деятельности» в 5, 6 классах;
- «Практическая геометрия» в 8 классах;
- «Экспериментальная физика» в 7 классах;
- «Вводный курс химии» в 7 классах;
- «Экспериментальное естествознание» в 8 классах.

Достижению поставленных целей способствует грамотно выстроенная система дополнительного образования лицея.

Таким образом, научная ценность эмпирического обоснования организации образовательной среды, направленной на развитие дивергентного инженерного мышления, заключается в конструировании и апробации такой образовательной среды, которая будет способствовать эффективному формированию инженерного мышления не только в рамках реализации учебно-методического комплекса, но и как целостная система воздействия на участников образовательных отношений. Данная модель является уникальной, так как разработана для конкретной образовательной организации (МБОУ «Лицей № 35») и присущему ей контингенту обучающихся и педагогических работников, что отражено в разработанном программно-методическом комплексе.

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Фесянова О.А.

(Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет космических исследований, г. Москва)

В настоящее время ракетно-космическая отрасль по многим показателям находится в стадии кризиса, причем кризис этот носит затяжной и системный характер. Далее более подробно будет рассмотрен такой немаловажный аспект ракетно-космической отрасли, как кадровая политика, ее место в общей системе управления отраслью и степень влияния на сложившуюся кризисную ситуацию.

До недавнего времени в отрасли остро стояла проблема устаревания персонала. В последние годы был взят курс на переориентацию в сторону более молодых специалистов, так, уже к 2010 году, по словам руководителя Управления кадров и безопасности ГК «Роскосмос», каждый пятый сотрудник отрасли был возрастом 30 лет и/или моложе, а средний возраст сотрудников составлял 44 года [1]. Кроме того, были сделаны первые необходимые шаги, такие как развитие системы повышения квалификации, дополнительного образования сотрудников на базе собственных учебных центров и в сотрудничестве с ведущими научными учреждениями России. Однако, проблемы в отрасли все еще сохраняются и главные из них: по-прежнему высокий средний возраст сотрудников, недостаточное обеспечение потребности отрасли в кадрах и неконкурентноспособный уровень заработной платы.

Высокий средний возраст сотрудников отрасли является одной из важнейших причин системного кризиса отрасли, так как это в первую очередь сигнал того, что профессиональные сотрудники, не один десяток лет посвятившие себя ракетно-космической отрасли, не могут передать свой опыт молодым специалистам в должной мере, что в будущем может привести к снижению качества продукции, уровню общего профессионализма.

Еще одной важной проблемой является относительно низкая заработная плата сотрудников. Так, по данным портала по поиску работы и подбору персонала Head Hunter, начинающий специалист технического либо административного профиля не может рассчитывать на зарплату выше 40 тысяч рублей, а зарплаты для специалистов, ведущих специалистов и руководителей с опытом работы три года и более составляют в среднем 50–60 тысяч рублей [2]. По этой причине очень многие специалисты, особенно технической направленности, предпочитают уходить в смежные отрасли, где востребованность в инженерах больше и уровень зарплаты и социального пакета выше. Более того, даже выпускники ВУЗов по техническим специальностям, многие из которых

еще во время учебы работают на предприятиях ракетно-космической отрасли, в итоге предпочитают также уходить в смежные отрасли, открывать собственный бизнес или вообще уезжают работать за границу [3]. Это приводит, в свою очередь, к проблеме недостаточного обеспечения отрасли кадрами.

Что касается подготовки и обучения технического персонала, то сейчас ведущие ВУЗы страны, такие как МАИ, МГТУ имени Н.Э Баумана, МГУ имени М.В. Ломоносова обеспечивают потребности отрасли на начальном этапе, то есть набирают достаточное количество обучающихся по программам. Кроме того, на базе самих предприятий ГК «Роскомос» существуют собственные программы по подготовке, переподготовке и повышению квалификации. Однако, как было сказано выше, многие выпускники впоследствии отказываются работать в отрасли, во многом по экономическим и иным причинам (например, невозможность претворения в жизнь идей и разработок молодых специалистов). Что касается административного, управленческого персонала, то при реальном наличии спроса на таких специалистов на предприятиях практически нет высших учебных заведений, которые бы вели целенаправленную подготовку узкопрофильных специалистов типа экономистов, юристов, финансистов, менеджеров со спецификой подготовки именно для ракетно-космической отрасли. Исключение составляет, пожалуй, основанный в 2017 году факультет космических исследований МГУ имени М.В. Ломоносова, который готовит не только технических специалистов, но и управленческо-экономические кадры для отрасли по специально разработанной магистерской программе [4].

Литература

- [1] С. Панасюк. Каждый пятый в нашей отрасли – молодой специалист в возрасте до 30 лет. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/14680/> (дата обращения 03.10.2019)
- [2] Интернет-портал по поиску работы и подбору персонала Head Hunter, страница работодателя АО «РКС» (входит в состав ГК «Роскомос»). [Электронный ресурс]. URL: <https://hh.ru/employer/901158> (дата обращения 03.10.2019)
- [3] Ю. Хомченко. Звездные кадры // РБК+, выпуск №1 от 12.04.2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://plus.rbc.ru/news/58edbbf67a8aa9311ccba029> (дата обращения 03.10.2019)
- [4] Официальный сайт факультета космических исследований МГУ имени М.В. Ломоносова, раздел «Магистратура». [Электронный ресурс]. URL: https://cosmos.msu.ru/pk_mag (дата обращения 03.10.2019)

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНОЙ СРЕДЫ В ПРИВЛЕЧЕНИИ МОЛОДЕЖИ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ

Самсонова Т.А.

(Факультет космических исследований МГУ имени М.В.Ломоносова)

Ракетно-космическая отрасль России в последние десятилетия претерпевает не лучшие времена. Иными словами, можно говорить о кризисной ситуации, которая стремительно начала развиваться с развалом СССР и прекращением государственного финансирования. Организации отрасли вынуждены были выживать в условиях нестабильной экономической и политической ситуации. Идеология, в рамках которой пропагандировалась космическая отрасль, а также профессия инженера, космонавта и других специалистов, без которых невозможно добиться успеха в космонавтике, утратила силу. Таким образом, организации ракетно-космической отрасли на протяжении более 10 лет практически не освещались должным образом, что значительно сказалось на их привлекательности в глазах подрастающего поколения. На предприятиях РКО все больше ощущается «кадровый голод» («ежегодно требуются 10 тысяч молодых специалистов, а приходят только 4 тысячи» [1]), «старение» кадров («возрастной разрыв достигает 50 лет» [1]), нарушение преемственности поколений [1] и пр. Так, во время профориентационной акции «КосмоПрофи» глава ГК «Роскосмос» отметил «высокую потребность отрасли в молодых высококвалифицированных специалистах» [2].

О важности информационно-коммуникационных взаимодействий с общественностью говорит как опыт СССР, когда большинство мечтало стать космонавтом, так и опыт США, которые довольно успешно используют новые технологии с целью создания привлекательного образа космической отрасли в целом в глазах молодежи. СССР пропагандировал космонавтику через доступные на тот момент каналы распространения информации: различные телевизионные передачи, статьи в газетах и пр. США осуществляют на данный момент пропаганду посредством различных видеоигр, приложений для смартфонов, фильмов, книг, мультфильмов и т.д. В целом, за счет применения новых технологий, а также политики сверху достигается нужный эффект – возрастает число желающих пойти в космическую отрасль.

Заметим, что в России попытки государства (ГК «Роскосмос», в частности) делегировать полномочия по информационному освещению космической деятельности и коммуникационным взаимодействиям с общественностью организациям РКО не увенчались успехом, на наш взгляд, по целому ряду причин, среди которых:

Большинство предприятий РКО осуществляют свою деятельность под грифом «Секретно», что накладывает отпечаток на освещение любой информации (в данном случае неосвещение).

Отсутствию квалифицированных специалистов по связям с общественностью в отрасли, которые были бы способны выстраивать необходимые коммуникации с контрагентами.

Отсутствию достаточного бюджета для построения эффективных PR-кампаний.

При отсутствии пропагандистской, агитационной деятельности от государства относительно космической отрасли отдельным организациям не под силу создать нужный образ, который привлекал бы молодежь («пропагандистское значение космонавтики отчасти сохранилось, но направлено по большей части на внутреннюю аудиторию, утратив прежнюю внешнеполитическую роль» [3]).

Заметим, что данный список можно продолжить, он не ограничивается названными причинами. Тем не менее, в последнее время в России начали выходить кинофильмы, документальные фильмы, посвященные космонавтике, а также появились целые циклы научно-популярных лекций о космосе. Однако всего этого недостаточно для привлечения молодежи в отрасль, а, следовательно, обновления кадров в РКО.

Подводя итог, можно говорить о том, что следует перенять опыт коммуникационного взаимодействия с молодежью при помощи новейших цифровых технологий, но при его осуществлении должна быть разработана единая информационно-коммуникативная стратегия при участии всех организаций РКО и при активной поддержке со стороны государства, учитывающая различные способы воздействия.

Литература

[1] Роскосмос: ставка на молодежь // РИА новости [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20150120/1043393978.html> (дата обращения 05.10.2019).

[2] «КосмоПрофи» привлекает в космическую отрасль талантливую молодежь // Официальный сайт «Российские космические системы». [Электронный ресурс] URL: <http://russianspacesystems.ru/2018/09/24/kosmosprofi/> (дата обращения 05.10.2019).

[3] Проблемы и вызовы российской космонавтики // Zelenyikot. [Электронный ресурс]. URL: <https://zelenyikot.com/problems-and-challenges-of-russian-cosmonautics/> (дата обращения 05.10.2019).

ЦИКЛ ТВОРЧЕСКИХ КОНКУРСОВ «КОСМОС ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ» – ИСТОКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Атякшин Д.А., Бурцева А.С., Шмалый А.М.
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет
имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России,
Центр космического просвещения ВГМУ им. Н.Н. Бурденко)**

Прогресс человечества неразрывно связан с вопросами освоения космического пространства. Космическое просвещение молодежи, как необходимый элемент в воспитании личности, является эффективной мотивацией по развитию стремления к новым знаниям и рубежам возможностей человека. ВГМУ им. Н.Н. Бурденко сотрудничает с ГНЦ ИМБП РАН и ЦПК им. Ю.А. Гагарина в области пропаганды достижений отечественной космонавтики. В частности, с 2007 года по инициативе нашего вуза реализуется проект молодежного творческого конкурса «Космос глазами молодежи», в котором, традиционно, основную организационную работу выполняют неравнодушные студенты и преподаватели Центра добровольчества «Млечный путь» ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. В 2007 году конкурс был проведен на областном уровне в Воронежской области. На подведение итогов в ВГМУ им. Н.Н. Бурденко приезжал Президент Федерации космонавтики России, Дважды Герой СССР, летчик-космонавт СССР В.В. Коваленок. Владимир Васильевич высоко оценил уровень проведения конкурса и вручил волонтерам билет на его дальнейшую многоплановую реализацию. Все победители конкурса и волонтеры-организаторы получили в подарок поездку в ЦПК им. Ю.А. Гагарина.

В 2011 году конкурс «Космос глазами молодежи» наш университет проводил уже на Всероссийском уровне совместно с Центром подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина и Институтом медико-биологических проблем РАН. На конкурс было подано свыше 2500 прекрасных творческих работ, издан DVD-диск с материалами, создана передвижная выставка творческих работ. Таким образом, создались предпосылки для обмена опытом по космическому творчеству со сверстниками из других стран уже и на международной орбите.

В 2012 году стартовал 2-й Международный конкурс по искусству среди молодежи «HUMANS IN SPACE», организаторами которого выступили: NASA (США) и DLR (Германия). По предложению Оргкомитета Конкурса, Институт медико-биологических проблем РАН и ВГМУ имени Н.Н. Бурденко получили статус его официальных партнеров в России. Основной целью Конкурса стала популяризация среди молодежи научного мировоззрения. На момент завершения онлайн-регистрации творческих работ к ноябрю 2012 года

оргкомитетом Конкурса было получено 2076 работ из 52 стран мира. При этом, наши соотечественники – юные россияне, подали около 700 произведений искусства в различных номинациях, что позволило Российской Федерации безоговорочно занять лидирующую позицию по активности участия. По количеству абсолютных победителей Конкурса, которыми становились авторы самых лучших работ в каждой номинации среди всех субноминаций, Российская Федерация заняла второе место. Наши таланты получили 5 наград: одно первое место (художественное искусство), два вторых места (одно – литература и одно – художественное искусство) и два третьих места (в видеоискусстве и художественном искусстве). Среди абсолютных победителей много награжденных работ было у молодежи из Турции, Южной Кореи, Германии, Великобритании и других стран. Абсолютной победительницей Конкурса в номинации «Художественное искусство» стала россиянка Мария Сотникова (14 лет, г. Воронеж), которая вместе с мамой получила приглашение Оргкомитета на открытие космического форума «19th IAA Humans in Space Symposium 2013» в г. Кельне (Германия). Примечательно, что свой рисунок Мария посвятила значению космических биологов в будущем освоении ближнего и дальнего космоса: «Космос: биологи будущего».

В 2015–2016 годах волонтеры Центра добровольчества «Млечный путь» ВГМУ им. Н.Н. Бурденко провели конкурс на международном уровне, предложив в качестве одной из главных тем сохранение мира на планете. Конкурс «Космос глазами молодежи. Ради жизни на Земле» был посвящен 55-летию со дня создания ЦПК имени Ю.А. Гагарина и отряда космонавтов, 50-летию со дня первого выхода человека в открытый космос и 40-летию первой в мире стыковки космических кораблей разных государств «Союз» – «Аполлон». Организаторами Конкурса стали ЦПК имени Ю.А. Гагарина, ГНЦ РФ–ИМБП РАН и ВГМУ имени Н.Н. Бурденко. Официальные партнеры: Объединенный мемориальный музей Ю.А. Гагарина (г. Гагарин), Федерация космонавтики России, National Aeronautics and Space Administration (США) и National Space Biomedical Research Institute (США).

Был создан официальный сайт международного творческого конкурса «Космос глазами молодежи. Ради жизни на Земле»: <http://space2015.ru/ru>. В итоге, на конкурс было подано свыше 2000 творческих работ из 12 стран. Участники из России были из более чем 80 городов. Церемония награждения лауреатов творческого конкурса проходила на базе ЦПК им. Ю.А. Гагарина с экскурсионной программой и общением с космонавтом, что само уже было осуществлением мечты для большинства участников!

От лица руководства ВГМУ им. Н.Н. Бурденко и всех волонтеров Центра добровольчества «Млечный путь» выражаем благодарность ЦПК им.

Ю.А. Гагарина, и отдельно Олегу Евгеньевичу Захарову за многолетнее вдохновение и поддержку молодежных начинаний! Именно благодаря поддержке таких увлеченных людей мы и наши соотечественники занимаемся пропагандой достижений отечественной космонавтики, помогая раскрывать в каждом человеке интерес к познанию окружающего мира и космической биомедицине, развивая в каждом великое чувство патриотизма и любовь к Родине. Космонавтика помогает планете Земля сохранять мир и понимать, насколько хрупка и беззащитна наша планета, насколько недопустимы войны, насколько необходима дружба людей друг с другом, единство народов и целых наций в добрых делах, в прогрессе. Поэтому сегодня просветительская работа с молодежью актуальна как никогда.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина на пороге своего 60-летия (Власов П.Н., Маленченко Ю.И.)	5

СЕКЦИЯ 1

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Анализ перспектив развития мировой пилотируемой космонавтики (Курицын А.А., Чеботарев Ю.С.)	11
Информационные процессы, сопровождающие деятельность космонавта при взаимодействии с антропоморфным роботом космического назначения в копирующем режиме (Сорокин В.Г.)	12
Разработка типовых программы и методики проведения экспериментальных исследований с антропоморфной робототехнической системой космического назначения в телеуправляемом копирующем режиме (Сорокин В.Г.)	14
Применение технологии виртуальной реальности для популяризации достижений космической робототехники (Сергеев А.В., Гук М.Ю., Даляев И.Ю.)	16
Эргономические основы обеспечения профессиональной деятельности космонавтов (Меденков А.А., Дворников М.В.)	18
Эргономические требования к характеристикам эргатической системы «космонавт – космическая техника – профессиональная среда деятельности», обусловленные человеческим фактором (Королев Л.М.)	21
Стыковочное устройство для космических аппаратов (Уразбахтин Р.Р.)	23
Синтез технологической структуры интегрированной системы жизнеобеспечения межпланетного пилотируемого аппарата (Курмазенко Э.А., Кочетков А.А., Прошкин В.Ю., Кирюшин О.В., Ведищев А.С.)	25
Использование технологии лазерного сканирования в сфере прикладной космонавтики (Куликов И.Н.)	27

О возможности снижения эквивалентной массы космической оранжереи за счет оптимизации освещения растений (Очков О.А., Беркович Ю.А., Буряк А.А.)	28
Методика оценки результативности деятельности научных подразделений (Гордиенко О.С., Долгов П.П., Кальмин А.В.)	30
Пилотируемые космические корабли XXI века (Круглов С.А.)	31
Проблемные вопросы подготовки космонавтов к перспективным полетам (Соловьева И.Б., Дмитриев В.Н.)	33
Исследование возможностей космонавтов по выполнению задач профессиональной деятельности в перспективных пилотируемых миссиях в дальнем космосе по результатам послеполетных экспериментов с участием экипажей МКС (Харламов М.М., Курицын А.А., Крючков Б.И., Копнин В.А.)	36
Операторская деятельность космонавтов при управлении группой робототехнических систем космического назначения на Луне (Никитов Э.В., Чеботарев Ю.С., Крючков Б.И., Усов В.М., Дмитриев В.Н., Сорокин В.Г., Довженко В.А.)	38
Создание методики подготовки космонавтов к управлению антропоморфной робототехнической системой с использованием универсального компьютерного стенда робототехнических систем (Чеботарев Ю.С.)	39
Совершенствование средств информационного обеспечения космических полетов (Потоцкий С.И., Душенко А.Г., Станиловская В.И., Беляев А.М., Лахин О.И.)	40
Результаты создания и использование библиотечной информационной системы в процессе подготовки космонавтов (Самарин В.В., Гордиенко О.С., Копнин В.А.)	42
Основные результаты подготовки и деятельности экипажа при выполнении КЭ «Испытатель» на борту РС МКС (Курицын А.А., Дмитриев В.Н., Довженко В.А., Сорокин В.Г., Никитов Э.В., Чеботарёв Ю.С.)	45
Анализ опыта создания специализированных технических средств подготовки космонавтов для отработки посадки на лунную поверхность (Бурдин Б.В., Крючков Б.И., Греков Н.С.)	47
Актуальные проблемы управления проектами с применением существующих пилотируемых и транспортных систем, препятствующие их широкому применению в коммерческих целях (Солецкий В.С.)	49
Кинестезия антропоморфной робототехнической системы космического назначения (Спирин А.Е., Крылов А.И., Скворцов А.А., Спирин Е.А.)	51

Перспективы применения семистепенного задающего устройства, очувствленного по усилию, для управления робототехническими комплексами космического назначения (Кузнецова Е.М., Трутс А.А., Гук М.Ю., Сергеев А.В., Даляев И.Ю.)	53
Проект «Контур-3» – новый шаг к исследованию Луны с помощью напланетных роботов (Васильев А.В., Сергеев А.В., Гук М.Ю., Сергеев С.Ф., Кондратьев А.С., Даляев И.Ю., Balachandran R., Riecke C., Weber B., Рудакова О.В.)	54

СЕКЦИЯ 2

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОСМОНАВТОВ (ОТБОР, ПОДГОТОВКА, КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ)

Результаты и особенности проведения открытого набора кандидатов в космонавты в 2017–2018 гг. (Сабуров С.П., Спектор А.Н.)	59
Динамический формат отображения информации на участке выведения транспортного пилотируемого корабля «Союз» (Вовк Д.В., Краев В.М., Юрчихин Ф.Н.)	60
Постановка задачи анализа оценки качества ручного управления при выполнении режимов сближения, причаливания и стыковки на специализированном тренажере «Дон-Союз» (Кондрат А.И., Орешкин Г.Д., Кондратьев А.С., Шуров А.И., Савинцев А.Ю., Ключев Ю.А.)	60
Выявление причин отклонений от нормы деятельности экипажей в ходе комплексных тренировок на тренажерах транспортных пилотируемых кораблей «Союз МС» (Бикмучев А.Р.)	62
Предложения по организации данных для выполнения спусковых маневров в СУДН РК ТПК «Союз МС» (Дубров П.В., Кикина А.Ю., Кинжалов А.П., Корсаков С.В., Меритон В.В., Рябов К.В., Солошенко П.А., Суворов В.М., Черкашин В.В., Юрчихин Ф.Н.)	62
Проблемы подготовки экипажей по действиям в аварийных ситуациях в связи с появлением новых кораблей (Копя Т.А., Данюк Т.В., Вовк В.В., Давыдов В.С., Анацкий М.А.)	64
Некоторые подходы к созданию и модернизации системы жизнеобеспечения отечественных орбитальных станций и особенности подготовки космонавтов к их эксплуатации (Дедков Д.К., Коровкин А.П., Леговина В.С., Орешкин Г.Д., Пасечник Ю.М.)	65

Регенерация санитарно-гигиенической воды методом вакуумной дистилляции (Бобе Л.С., Кочетков А.А., Аракчеев Д.В., Сальников Н.А., Андрейчук П.О.)	66
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., Стерин В.Ф., Рукавицын С.Н., Андрейчук П.О., Запругайло Е.Д.)	68
Опыт работы научной аппаратуры – системы регенерации воды из урины на СРВ-У-РС (Бобе Л.С., Кочетков А.А., Аракчеев Д.В., Кирюхин А.В., Цыганков А.С., Андрейчук П.О., Железняков А.Г., Романов С.Ю.)	70
Результаты работы системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М на МКС (Бобе Л.С., Кочетков А.А., Меньшикова И.Д., Цыганков А.С., Андрейчук П.О., Запругайло Е.Д., Железняков А.Г., Романов С.Ю., Синяк Ю.Е.)	72
Итоги эксплуатации системы генерации кислорода «Электрон-ВМ» на Международной космической станции (Прошкин В.Ю., Курмазенко Э.А.)	74
Химико-технологическая система получения воды из метаболического диоксида углерода и водорода (Бутылкин Ю.П., Коган И.Л., Валага Ю.И., Ерофеев Д.С., Кочетков А.А.)	76
Методология выбора технологических параметров реактора Сабатье (Коган И.Л.)	78
Модернизация системы очистки атмосферы от микропримесей на борту Международной космической станции (Щеглова Е.В., Валага Ю.И., Кочетков А.А., Бутылкин Ю.П., Фарафонов Н.С., Гузенберг А.С., Юргин А.В.)	79
Имитация функционирования интегрированных систем жизнеобеспечения (Курмазенко Э.А., Коган И.Л., Коробков А.Е., Кочетков А.А., Прошкин В.Ю., Цыганков А.С.)	81
Использование технологии 3D-моделирования в процессе подготовки космонавтов по системе управления инвентаризацией (Васильев М.В.)	82
Реализация механизма использования полетных процедур в процессе разработки детальных планов полета (Козлечков А.Г., Коваленко А.А., Беляев А.М.)	83
Адаптивный тренажер для формирования и восстановления навыков ситуационной поддержки сменных руководителей полета и специалистов ГОГУ (Душенко А.Г., Кривчун В.Н., Огурцов С.С., Мороков А.Л.)	85

Особенности и методические рекомендации по ведению связи между экипажем Международной космической станции и Центром управления полетами (Кондратьев А.С., Маликов А.Е., Пирогов П.В.)	86
Анализ деятельности экипажей РС МКС по ремонтно-восстановительным работам приборов и оборудования (Медведев А.А., Харченко М.В.)	88
Совершенствование метода проведения фотосъемки на борту РС МКС (Коротких В.В., Солодов Н.Р.)	89
Анализ факторов, определяющих естественную освещенность, в интересах подготовки космонавтов к наблюдению наземных объектов (Митина А.А.)	90
Совершенствование аппаратуры наблюдения и автоматизация процесса выполнения визуально-приборных наблюдений наземных объектов с борта пилотируемых космических средств (Кошенко А.В.)	91
Результаты космического мониторинга акваторий и побережья южных морей России, полученные экипажами МКС за 2018–2019 гг. (Орешкин Г.Д., Корзун В.Г., Кондрат А.И., Ядренцев А.Н., Смоловский В.В.)	92
Исследование экологически неблагоприятных территорий Краснодарского края в рамках космического эксперимента «Экон-М» (Орешкин Г.Д., Корзун В.Г., Кондрат А.И., Ядренцев А.Н., Севериненко А.В., Фалеев А.В., Артемьев О.Г.)	94
Место и роль КАСУППС в подготовке космонавтов (Каденков М.А.)	95
Информирования о ходе выполнения космического полета в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (Темарцев Д.А.)	97
Формирование межкультурной компетенции в контексте профессиональной подготовки космонавтов (Дворядкина Н.А.)	98
О работе над проектом программы по дисциплине «русский язык» для подготовки иностранных участников космического полета с нулевым уровнем владения русским языком (Супрун И.В.)	100
Совершенствование процесса подготовки космонавтов путем использования интерактивных схем (Черняк Е.А.)	101
Анализ системы подготовки космонавтов на соответствие педагогической технологии (Митина А.А.)	102

Ключевые компетенции специалиста по подготовке космонавтов (Орешкин Г.Д., Корзун В.Г., Кондрат А.И., Шуров А.И.)	104
40 лет пилотируемого полета космического корабля «Союз Т-2» (Васильев В.И.)	105

СЕКЦИЯ 3

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТЫ В КОСМОСЕ

Развитие комплекса функционально-моделирующих стендов для подготовки космонавтов по космическим экспериментам и научной аппаратурой на РС МКС (Сабуров П.А., Попова Е.В.)	109
Вклад галактических космических лучей и внутреннего радиационного пояса Земли в среднесуточную мощность дозы по данным системы радиационного контроля модуля «Звезда» МКС (Лишневский А.Э., Бенгин В.В.)	110
Особенности подготовки космонавтов к проведению космического эксперимента «Пробой», результаты исследований и перспективы развертывания на борту МКС системы оперативного определения места пробоя гермооболочки (Попова Е.В., Умнова Л.А., Лукьянова О.А., Макаревич Г.А., Авершьев С.П., Усманов Р.Р., Дмитриев М.Н., Половнев А.Л., Пушкин С.Д., Зайцев К.И.)	111
Фрагментация ДНК высушенных клеток млекопитающих при длительном действии космического излучения (по данным КЭ «Феникс») (Алчинова И.Б., Карганов М.Ю., Гуреева Е.А.)	113
О задаче определения взаимной ориентации сенсоров носимого регистратора ускорений (Кручинин П.А., Латонов В.В., Матвеев Д.С.)	115
Long and Short-Term Galactic Cosmic-Ray Flux Variations For the Study of Space Instrument Performance in Space (Grimani C.)	117
Изучение процессов кристаллизации расплавов методом электромагнитной левитации в КЭ «Перитектика» (Кривилев М.Д., Ломаев С.Л., Батуева Е.В., Королев М.Н.)	118
Цели, задачи и перспективы проведения космических экспериментов с использованием российских роботов-помощников космонавтов (Сохин И.Г., Дудоров Е.А., Рыбак Е.В.)	121
Научная аппаратура космического эксперимента «Испытатель»: система управления антропоморфным роботом копирующего типа (Пронин А.А., Прохоров И.Б.)	122

Образование биопленок пробиотических бактерий на различных носителях в условиях космического полета (Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Потокин И.Л., Черкасова Г.В.)	123
Влияние длительного космического полета на систему внешнего дыхания человека (Зарипов Р.Н., Попова Ю.А., Суворов А.В.)	125
Совершенствование системы гигиенической экспертной оценки загрязненности химическими веществами воздушной среды пилотируемых станций (Пахомова А.А., Озеров Д.С., Царьков Д.С., Мухамедиева Л.Н., Хорошева Е.В.)	127
Комплексная оценка опорно-двигательного аппарата человека до и после последовательного воздействия моделируемой невесомости и лунной гравитации (Шпаков А.В., Пучкова А.А., Орлов Д.О., Артамонов А.А., Воронов А.В.)	129
Использование полимерных композитов для защиты от космической радиации (Павленко В.И., Черкашина Н.И., Ястребинский Р.Н., Новосадов Н.И.)	131
Исследование фазовых превращений при термообработке композитного припоя AL-SI + ФЛЮС (Шутов И.В., Камаева Л.В., Кривилев М.Д.)	133
Технические решения по модернизации стенда «Тренажер ВИН» в 2019–2020 годах (Васильев В.И., Васильева Н.В., Бондарев Д.А., Юрченко Е.С.)	135
Разработка методики оценки операторской деятельности кандидатов в космонавты по результатам тренировок на «Тренажере ВИН» (Фокин В.Е., Васильева Н.В., Дедкова Е.В., Максимов С.Н., Юрченко Е.С.)	136
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.)	137
Опыт реализации учебно-тренировочных полетов на визуально-инструментальные наблюдения с использованием самолета-лаборатории Ту-134ЛК (Дедкова Е.В., Юрченко Е.С., Максимов С.Н., Фокин В.Е.)	139
Перспективы изучения активных сред и систем в условиях микрогравитации на борту РС МКС (Васильев М.М., Жук А.З., Петров О.Ф., Савин С.Ф., Чурило И.В., Борейшо А.С., Михайленко А.С.)	140
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.)	142
Применение мультиагентных технологий при формировании и выполнении программ научно-прикладных исследований на РС МКС (Дёмина Е.А., Коробкова Г.Н., Душенко А.Г., Лахин О.И., Мартыничев Е.А.)	144

Программный комплекс для создания интерактивных электронных технических руководств (Кравченко С.И., Кривчун В.Н., Андреев Д.А., Агапов А.А., Горбачев Е.Б.)	146
Результаты проведения космического эксперимента «Пародонт-2» (Ильин В.К., Соловьева З.О.)	147
Способ беспроводной связи в рентгеновском диапазоне частот электромагнитного излучения (Тимофеев Г.А., Потрахов Н.Н.)	149
Исследования микробиологического фактора среды обитания Международной космической станции (Дымова А.А., Орлова С.В., Новикова Н.Д., Дешевая Е.А., Поддубко С.В.)	151
Эксперименты на МКС по горению газовых смесей. Некоторые результаты и наработанный технический опыт (Пичугин С.Б., Артемьев О.Г., Прокопьев С.В., Кононенко О.Д., Новицкий О.Д., Фролов С.М.)	152
Electrostatic Levitation Furnace In Kibo Module (Kitamura K.M., Saruwatari H., Oda H and Nakamura Y.)	155
Опыт проведения подготовки космонавтов в рамках космического эксперимента «Исследование возможности формативной трехмерной биофабрикации тканевых конструкций, осуществляемой методом программируемой самосборки живых тканей и органов в условиях микрогравитации посредством магнитного поля» (магнитный 3D-биопринтер) (Попова Е.В., Захаров А.О., Бондаренко С.С., Кутник И.В.)	155
К вопросу о создании тренажера лунной оранжереи (Кутепова О.А., Жуков В.М., Ремнева К.В.)	156
Энергетические параметры шумового воздействия в обитаемых отсеках Международной космической станции (Кутина И.В., Агуреев А.Н.)	158
Прогнозирование теплопередающих характеристик теплоограждающих конструкций по данным теплофизических экспериментов (Борщев Н.О.)	159

СЕКЦИЯ 4

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Основные направления и проблемы инновационного развития и создания ТСПК для перспективных пилотируемых программ (Хрипунов В.П., Наумов Б.А., Сосюрка Ю.Б.)	163

Система регистрации потоковых аудиовизуальных данных нового поколения для комплексного тренажера ТДК-7СТ4 (Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю., Брагин В.И.)	164
Основы проектирования цифровых тренажерно-моделирующих комплексов (Шукинунов В.Е., Янюшкин В.В.)	167
Новые технологии в создании гибридных технических средств подготовки космонавтов (Чуланов А.О., Янюшкин В.В., Бирюков Ю.Б.)	169
Концепция разработки комплексных интегрированных систем контроля и управления нового поколения (Янюшкин В.В.)	171
Подходы к проектированию графических компонентов для имитационных систем (Баженов П.С., Мамросенко К.А.)	173
Система имитации дыхательных аппаратов для подготовки персонала авиакосмической отрасли (Краснянский М.Н., Захаров А.Ю., Алексеев С.Ю., Обухов А.Д., Сиухин А.А.)	175
Применение виртуальных тренажерных комплексов в авиакосмической отрасли (Краснянский М.Н., Обухов А.Д., Дедов Д.Л., Алексеев С.Ю., Архипов А.Е.)	177
Основные подходы к разработке концепции создания многофункционального тренажерного комплекса (Наумов Б.А., Хрипунов В.П.)	179
Основные подходы к разработке комплексного тренажера пилотируемого транспортного корабля нового поколения (Блинов О.В., Гусельников А.А.)	181
Особенности реализации перспективной системы моделирования пожарной обстановки для тренажеров пилотируемых космических аппаратов (Киво А.М., Сухенко Н.А., Гусельников А.А.)	182
Обеспечение регистрации аудио- и видеосигналов комплекса тренажеров российского сегмента Международной космической станции при проведении экзаменационных тренировок (Брагин В.И.)	185
Особенности моделирования работы визира ВСК-4 на тренажере ТПК «Союз МС» (Дедов С.В.)	186
Основные требования к телевизионной аппаратуре для специализированных тренажеров сближения, причаливания и стыковки «Дон-Союз ТМА», «Дон-Союз ТМА2» на базе цифровой системы телевидения высокой четкости (Евстюхин М.С., Краснова Л.М., Пекарский А.В.)	187
Оценка текущего состояния тренажера информационной управляющей системы МКС и обоснование перспектив его развития (Ручкин И.В., Курбатов Д.В., Арутюнов А.В.)	189

Система моделирования визуальной обстановки и имитации измерений дальности в иллюминаторе бытового отсека тренажера «Дон-Союз ТМА» (Масалкин А.И.)	191
Опыт разработки и эксплуатации тренажерного комплекса модулей российского сегмента МКС (Супрун С.П., Шевченко Л.Е.)	193
Система отображения информации тренажерного комплекса РС МКС в обеспечении режима автоматического сближения ТК «Прогресс» с МКС (Батраков В.В., Горшкова Е.С.)	196
Перспективы модернизации комплекса устройств сопряжения с объектом космических тренажеров (Беляков А.В.)	197
Подготовка научных кадров высшей квалификации в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (Наумов Б.А., Саев В.Н., Виноградов Ю.А.)	199
Опыт разработки исследовательского прототипа интерактивного электронного технического руководства для тренажера ПКА на основе свободно распространяемого программного обеспечения (Жохов А.И.)	201

СЕКЦИЯ 5

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРИФУГ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Направления исследований и задачи подготовки космонавтов на центрифугах в интересах перспективных космических программ (Долгов П.П., Киришанов В.Н., Гаврик И.Н.)	205
Концепция параметрической модернизации длиннорADIUSНОЙ центрифуги ЦФ-18 под задачи освоения Дальнего Космоса (Акулов В.А.)	207
Центрифужный стенд С-3 на базе физиологической центрифуги ЦФ-8: 60 лет в строю (Филипенков С.Н., Пятница А.С., Четин В.И., Емельянов А.С., Емельянов С.А., Куликов Б.А.)	209
Факторы риска длительных полетов на высокоманевренных самолетах и способы нормализации функционального состояния летчиков во время полета (Маряшин Ю.Е., Малащук Л.С., Гаврилова Е.А.)	211
Динамика профессиональной работоспособности летного состава в условиях длительного воздействия авиационного шума (Чистов С.Д., Герасимова Е.Г., Скрыбин С.Ю.)	213

Центрифуга короткого радиуса ИМБП: цели и перспективы (Колотева М.И., Орлов О.И., Глебова Т.М.)	214
Применение тренажера сложного пространственного положения в процессе подготовки космонавтов (Агафонов Д.В., Голиков Е.В., Серебренников М.В.)	216
Использование потенциала развивающейся технологии виртуальной реальности при создании средств подготовки операторов для проведения работ в сложных условиях (Никитин А.П., Пафнутьев В.В., Сиверцев С.А., Тюлин Е.А., Халин В.А.)	218
О возможности реализации на центрифуге тренажера управления маломаневренным транспортным средством (Бугрий Г.С., Канищев Р.А., Павлов А.В., Пашков И.В., Сухочев П.Ю., Чертополохов В.А.)	219
Разработка тренажерных средств подготовки космонавтов на примере подготовки к действиям при посадке на водную поверхность (Бугрий Г.С.)	222
Классификация центрифуг (Киришинов В.Н., Гаврик И.Н., Гришин А.С.)	223
Обеспечение безопасности испытателей при проведении вращений на центрифуге ЦФ-7 (Юфкин А.Г.)	224
Исследование возможности применения средств виртуальной реальности в кабине вращающейся центрифуги ЦФ-18 (Булгаков А.В., Белявцев С.Н.)	225
Применение «бортового» компьютера в кабине центрифуги для совершенствования процесса подготовки космонавтов на центрифугах (Беляев Д.А., Гаврик И.Н.)	227
Проблемы управления центрифугой при создании стенда с технологией VR (Булгаков А.В., Гаврик И.Н.)	228
Основные динамические этапы лунных экспедиций для моделирования на центрифугах (Долгов П.П., Гаврик И.Н., Иродов Е.Ю.)	229
Тестирование высокоскоростных цифровых каналов связи кабины ЦФ-18 с системой управления (Белявцев С.Н., Булгаков А.В.)	231
История создания пилотируемого РКК «Алмаз» (по книге «Огранка «Алмазов») (Смирничевский Л.Д., Поляченко В.А., Дектярев А.О.)	232
Создание и совершенствование центрифуг в НПО Лавочкина (Быковский С.В., Гришин С.А., Лошаков В.А., Маркачев Н.А.)	234

СЕКЦИЯ 6

ВНЕКОРАБЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Внекорабельная деятельность. Современное состояние и перспективы развития (Алтунин А.А., Верба Д.И., Онуфриенко Ю.И.)	239
Методические и технические особенности подготовки космонавтов к проведению ВКД-45А (инспекция отверстия в бытовом отсеке ТПК «Союз МС-09») (Тарасов И.Ю., Панин А.А., Толмачев Р.А., Гордеев А.Г.)	240
Интерактивный макет грузовой стрелы ГСтМ с эффектом дополненной реальности для подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности (Теренько Г.А., Чуланов А.О.)	241
Автоматическая система терморегулирования теплового состояния космонавта скафандра для внекорабельной деятельности «Орлан-МКС». Основные результаты наземной отработки и применения при выходах в космос (Глазов Г.М., Поздняков С.С., Филипенков С.Н., Шибалов А.Д., Щавелев Г.В.)	243
Модернизация системы медицинского контроля внекорабельной деятельности в условиях длительных экспедиций на поверхности Луны (Черногоров Р.В., Переведенцев О.В., Леванов В.М.)	245
Исследования антропометрических характеристик операторов применительно к скафандру «Орлан-МКС» (Пятница А.С., Филипенков С.Н., Четин В.И.)	246
Применение дополненной реальности при подготовке космонавтов (Брель А.О.)	247
Анализ возможностей технических средств подготовки космонавтов по дисциплинам «Скафандр для ВКД» и «Комплекс средств шлюзования» (Зубов Д.Д., Соловьева Н.И.)	249
База данных «Подготовка космонавтов по дисциплине «Операции и средства обеспечения внекорабельной деятельности» (Брель О.А., Верба Д.И., Коренной В.С., Тарасов И.Ю., Брель А.О.)	250
Концепция тренажерного комплекса для подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности с использованием метода моделирования невесомости в гидросреде (Зайцев М.А.)	252
Программное обеспечение информационной поддержки внекорабельной деятельности: Автоматическое планирование выходов в открытый космос и подготовка космонавтов в виртуальной реальности (Ивакин С.В., Михайленко А.С., Сухов Т.М., Ахмеров Д.О.)	253
Объекты с искусственным интеллектом в системах виртуальной и дополненной реальности средств подготовки специалистов к внекорабельной деятельности (Жамалетдинов Н.Р., Левшин С.А., Емельяненко В.В., Горепекин Р.А.)	255

Отработка сценариев и средств внекорабельной деятельности на лунной и марсианской поверхностях в миссиях-аналогах НАСА и ЕКА (Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С., Онуфриенко Ю.И.)	257
Особенности создания скафандра и комплекса средств обеспечения внекорабельной деятельности на поверхности Луны (Алтунин А.А., Жамалетдинов Н.Р.)	259
Многоцелевая транспортировочная стапельная платформа для гидромакетов РС МКС (Николаев С.Е.)	260
Подготовка космонавтов к внекорабельной деятельности в условиях кратковременной невесомости, воспроизводимой в процессе полета на самолете-лаборатории ИЛ-76 МДК (Харлашкин С.Н.)	261
Исследование операторской деятельности космонавтов при выполнении операций внекорабельной деятельности после длительных космических полетов (Долгов П.П., Иродов Е.Ю., Коренной В.С.)	264
Визуальные средства интерактивных электронных технических руководств (Синецкий Р.М., Гринченков Д.В., Цупко Г.С., Гринченков В.Д., Брель О.А., Зубов Д.Д.)	266
Использование XML технологии для формирования интерактивных электронных технических руководств (Гринченков Д.В., Синецкий Р.М., Цупко Г.С., Гринченков В.Д.)	268

СЕКЦИЯ 7

МЕДИЦИНСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОТБОРА, ПОДГОТОВКИ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ В КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ И ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Анализ двигательной активности космонавтов во время телерепортажей в первые сутки космического полета (Алексеев В.Н., Кобзев Е.А., Каспранский Р.Р.)	273
Состояние электрической активности желудочно-кишечного тракта в условиях длительного космического полета (результаты эксперимента «Спланх-1» на российском сегменте Международной космической станции) (Афонин Б.В., Агуреев А.Н., Валуев В.А., Дзех С.В.)	274
О задачах калибровки носимого регистратора ускорений в условиях невесомости (Бахметьев П.А., Кручинин П.А., Кручинина А.П., Латонов В.В.)	276
Прогностическая оценка надежности выполнения когнитивных задач операторами в ситуациях повышенной эмоциональной и операциональной напряженности (Блинникова И.В., Капица М.С.)	277

Становление структур медицинского обеспечения экипажей МКС (Богомолов В.В., Поляков А.В.)	279
Проблема оценки показателей состояния здоровья космонавтов в отдаленном периоде (Бухтияров И.В., Бетц К.В., Тихонова Г.И., Ушаков И.Б., Воронков Ю.И.)	281
Состояние электрической активности желудочно-кишечного тракта после длительного космического полета (результаты эксперимента «Спланх-1») (Валуев В.А., Азуреев А.Н., Дзех С.А., Афонин Б.В.)	283
Комплекс вестибулометрических исследований и тренировок с автоматизированным определением вестибулярной устойчивости (Гнатченко В.И., Симеева Л.М., Алексеев В.Н., Кобзев Е.А., Мироненко К.В., Пестов С.И.)	285
Особенности динамики профессиональных навыков операторов авиационно-космических систем в условиях информационной неопределенности (Горский А.Н.)	287
Исследование возможности предсказания основных показателей кардиопульсального нагрузочного тестирования (Григорьев Е.Б., Красичков А.С., Шаповалов В.В., Нифонтов Е.М.)	289
О состоянии парамакулярной и макулярной областей сетчатки у летчиков и космонавтов (Даниличев С.Н., Войтулевич Л.В.)	290
Изменения парамакулярной и макулярной областей сетчатки у космонавтов после длительных космических полетов (Даниличев С.Н., Мироненко К.В.)	292
Актуализация истории первых пилотируемых полетов (Дворников М.В., Меденков А.А., Матюшев Т.В., Петров М.А.)	293
Сертификация врачей в авиационной и космической медицине, проблемы, пути решения (Джержения С.Л.)	296
Классификация индивидуальных стилей инструментального поведения операторов при выполнении групповой взаимосвязанной деятельности по методике Гомеостат (Еськов К.Н.)	298
Динамика биохимических показателей крови космонавтов после длительных полетов (Жернаков А.Ф., Войтулевич Л.В., Каспранский Р.Р., Джалилова Д.Ш.)	300
Итоги психологического отбора космонавтов 2018 года (Злобина А.А., Шевченко Ж.Н., Васин А.В., Мусабаева К.Т.)	301
Медицинское обеспечение подготовки космонавтов к действиям после посадки в лесисто-болотистой местности зимой (Киреев К.С., Заверюха А.С., Гришин А.П.)	303

Особенности восприятия иллюзии движения собственного тела в системе виртуальной реальности в условиях гипогравитации (Ковалёв А.И., Чертополохов В.А., Худякова Е.П., Натура Е.С.)	305
Сократительные ответы трехглавой мышцы голени человека после длительной космической миссии на Международной космической станции (Коряк Ю.А.)	307
«Сарколаб»: мышечно-сухожильная и нервно-мышечная адаптация к продолжительному космическому полету (Коряк Ю.А., Козловская И.Б., Rittweger J., Sies W., Albracht K., Stäudle B., Laughlin M., Bottinelli R., Capri M., Franceschi C., Cerretelli P., Clarke M., Layne Ch., Reed J., Flück M., Gelfi C., Narici M.)	309
Пути оттока венозной крови из полости черепа под действием факторов микрогравитации (Криушев Е.С., Морева Т.И.)	311
О задаче определения взаимной ориентации сенсоров носимого регистратора ускорений (Кручинин П.А., Латонов В.В., Матвеев Д.С.)	312
Система плазменного гемостаза у добровольцев-испытателей эксперимента «Sirius-2019» (Кузичкин Д.С., Журавлева О.А., Маркин А.А., Кривицина З.А., Логинов В.И., Заболотская И.В., Вострикова Л.В.)	314
Психологические особенности смешанного международного экипажа в условиях моделирования четырехмесячного космического полета (Кузнецова П.Г., Виноходова А.Г., Федяй С.О.)	316
Особенности динамики восстановления скоростно-силовых качеств мышц ног космонавтов после полета с использованием разного объема нагрузки в резистивной тренировке (Кукоба Т.Б., Бабич Д.Р., Фомина Е.В.)	318
Протеазная активность крови при развитии ответа острой фазы, индуцированного экстремальными воздействиями (Ларина О.Н., Беккер А.М.)	320
Исследование метаболических реакций у испытуемых в эксперименте со 120-суточной изоляцией в гермообъеме (Маркин А.А., Журавлева О.А., Кузичкин Д.С., Вострикова Л.В., Заболотская И.В., Логинов В.И.)	322
Динамика показателей липидного обмена у испытуемых в эксперименте со 120-суточной изоляцией в гермообъеме (Маркина Е.А., Журавлева О.А., Кузичкин Д.С., Мухамедиева Л.Н., Маркин А.А., Вострикова Л.В., Заболотская И.В., Логинов В.И.)	324

Перспектива использования искусственных дыхательных смесей кислорода и благородных газов в целях шумовой отопротекции (Марченко Л.Ю., Сигалева Е.Э.)	326
Перспективная терапевтическая стратегия отопротекции у космонавтов с послеполетным постоянным повышением порогов слуха после продолжительных космических полетов (Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э., Котов О.В., Ефимова Л.Г.)	328
Основные результаты второго конкурсного отбора кандидатов в космонавты в части физической подготовленности (Назин В.Г., Самарцев В.Ю., Шемчук Е.П., Сердюк А.В., Майков А.А.)	330
Новый подход к вывешиванию тела человека для моделирования эффектов микрогравитации (Нетребя А.И., Химорода Н.Н., Ярманова Е.Н.)	332
Перспектива использования метода регистрации отоакустической эмиссии для изучения механизмов микрогравитационного перераспределения жидких сред организма в краниальном направлении в условиях космического полета (Пасекова О.Б., Сигалева Е.Э., Мацнев Э.И.)	333
Совершенствование диагностики и оказания медицинской помощи при ЛОР-заболеваниях в пилотируемых космических полетах (Поляков А.В., Ковачевич И.В., Репенкова Л.Г., Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э., Ниязов А.Р.)	335
К вопросу о психофизиологической классификации видов деятельности космонавтов (Поляков М.В.)	337
Использование аппаратной физиотерапии на санаторно-курортном этапе реабилитации космонавтов (Потапов М.Г., Скедина М.А., Ковалёва А.А.)	339
Результаты медицинского отбора кандидатов в космонавты (Почуев В.И., Войтулович Л.В., Жернавков А.Ф., Пушкарь-Василевская М.Э., Даниличев С.Н., Ефимова Л.Г., Хмелевская М.В., Васин А.В., Шуватова Л.Ф., Серебрякова Р.В., Лубашева С.В.)	341
Основные направления развития системы отбора, медико-биологической, физической, психологической подготовки, медицинского обеспечения профессиональной деятельности и послеполетной реабилитации космонавтов (Почуев В.И., Каспранский Р.Р., Матвеев В.П.)	342
Протеомные особенности адаптации сердечно-сосудистой системы космонавтов с различным вегетативным статусом (Русанов В.Б., Пастушкова Л.Х., Гончарова А.Г., Черникова А.Г., Каширина Д.Н., Бржзовский А.Г., Кононихин А.С., Носовский А.М., Ларина И.М., Киреев К.С., Николаев Е.Н.)	344

Моделирование режимов декомпрессионной безопасности космонавтов при подготовке к внекорабельной деятельности в гидролаборатории (Рыженков С.П., Дворников М.В., Матюшев Т.В., Усов В.М., Алтунин А.А., Дворников С.М., Четин В.И.)	345
Психофизиологические вопросы подбора и подготовки командира межпланетной экспедиции (Рюмин О.О.)	347
Подход к индивидуализации рационов питания участников длительных изоляционных экспериментов (Савинкина А.О., Шеф К.А., Гуцин В.И., Поддубко С.В., Азуреев А.Н.)	349
Анализ программы Task List по данным полетного мониторинга режима труда и отдыха российских членов экипажей МКС (Степанова С.И., Королёва М.В., Галичий В.А., Карпова О.И.)	351
Мониторинг особенностей сна российских космонавтов в полетах на МКС (Степанова С.И., Королёва М.В., Лаврентьева И.Н., Рудометкин Н.М., Галичий В.А., Карпова О.И.)	353
Исследование времени максимальной произвольной задержки дыхания в условиях длительного космического полета: КЭ «Дан» (Тарасенков Г.Г., Катунцев В.П., Худякова Е.П., Седелкова В.А., Баранов В.М., Алферова И.В., Шушунова Т.Г.)	355
Аэробная работоспособность членов экипажей длительных экспедиций на МКС после завершения космической миссии (Фомина Е.В., Лысова Н.Ю., Резванова С.В., Киреев К.С., Новицкий О.В.)	357
Возможности использования характеристик динамики печати на клавиатуре для мониторинга психофизиологического состояния (Хоменко Ю.Г., Бойцова Ю.А., Старченко М.Г., Катаева Г.В., Мещеряков А.А., Иванов А.В.)	359
Модернизация системы медицинского контроля внекорабельной деятельности в условиях длительных экспедиций на поверхности Луны (Черногоров Р.В., Переведенцев О.В., Леванов В.М.)	361

СЕКЦИЯ 8

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Комплекс средств обеспечения взаимодействия операторов гидролаборатории и тренажера «Дон-ERA» (Ковригин С.Н., Пономарев К.В., Несмеянов В.В., Кондаков А.Н.)	367
О цифровой трансформации в подготовке космонавтов (Харламов М.М., Пономарев К.В.)	368

Применение технологии НЛА при создании комплекса тренажеров перспективного пилотируемого космического корабля «Федерация» (Ковригин С.Н., Пономарев К.В., Игнатьев С.В., Алёшин А.В., Ваньков А.И.)	370
Система удаленного доступа к документации ETMDS: опыт применения (Ковригин С.Н., Толстов С.А.)	371
Перспективы развития функционала системы планирования и контроля исполнения государственного задания (Харламов М.М., Жохова О.Н.)	373
ELMA – платформа для автоматизации деятельности организации (Поминов С.В.)	374
Дистанционное управление вестибулярной подготовкой космонавтов на космодроме (Алексеев В.Н., Кобзев Е.А., Каспранский Р.Р., Пономарев К.В.)	375

СЕКЦИЯ 9

МОЛОДЕЖЬ ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

Подготовка высококвалифицированных кадров для предприятий ракетно-космической отрасли – приоритетная задача высших учебных заведений (Каменев С.И., Хайруллина Р.Р.)	379
Ориентиры профессионального самоопределения школьников в космической отрасли (Кубрушко П.Ф., Козленкова Е.Н.)	381
Новый виток в дополнительном образовании молодежи (Гапонов В.Е., Гамагин А.С., Зацепина Е.В., Шабуров Д.В.)	383
Современные технологии подготовки детей и молодежи для космической отрасли. Программирование и робототехника (Салмина М.А., Чирков Д.К., Насонов Д.С., Шишкина Л.Н.)	385
Экскурсионная работа как средство развития профориентационного интереса у школьников (Ерёмин С.П., Сметанина Н.И.)	386
Проект «Россия – Родина космонавтики» государственного автономного учреждения культуры Ярославской области «Культурно-просветительский центр имени В.В. Терешковой» (Воронина Н.Е.)	388
Вклад ученых ВГМУ им. Н.Н. Бурденко в программы по изучению влияния факторов космического полета на организм (Попова И.А.)	389

Молодежные космоцентры и лунные космопарки для дополнительного космического образования молодежи (Шукинунов В.Е., Потоцкий С.И., Гапонов В.Е., Бирюков Ю.Б., Гамагин А.С., Максимов А.С.)	391
Профориентационная работа с молодежью в контексте приоритетов деятельности космоцентра (Васильева Г.А., Захаров О.Е., Васильев А.В., Кинжалова П.А., Веденина Ю.О.)	393
Опыт работы космоцентра ЦПК при проведении образовательных мероприятий для лиц с ограниченными возможностями здоровья (Веденина Ю.О., Захаров О.Е., Кинжалова П.А., Васильева Г.А.)	395
Организация и проведение профориентационных программ в космоцентре ЦПК с учетом особенностей восприятия поколения IGEN (Кинжалова П.А., Захаров О.Е., Веденина Ю.О., Васильева Г.А.)	396
Эмпирические подходы к организации образовательной среды, обеспечивающей развитие дивергентного инженерного мышления у обучающихся (Глухарева Е.В., Сапарова К.И.)	398
Проблемы подготовки кадров для ракетно-космической отрасли (Фесянова О.А.)	400
Роль информационно-коммуникативной среды в привлечении молодежи в ракетно-космическую отрасль (Самсонова Т.А.)	402
Цикл творческих конкурсов «Космос глазами молодежи» – истоки и перспективы (Атякишин Д.А., Бурцева А.С., Шмалый А.М.)	404

Подписано в печать 5.11.2019. Бум. ксероксная.
Формат 60х84/8. Усл. печ. л. 66,72.
Тираж 100 экз. Зак. 846-19.

Сборник тезисов отпечатан
в типографии редакционно-издательского отдела
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Научно-исследовательский испытательный
центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина»