

ПРОТОТИП ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ

Акулов В. А.

Самарский университет, г. Самара, vladislav.a.akulov@gmail.com

Ключевые слова: гипогравитация, дальний космос, параметрическая модернизация, центрифуга.

Современный этап пилотируемой космонавтики характеризуется расширением масштабов и номенклатуры исследований, связанных с переходом от орбитальных полётов на Международной космической станции (МКС) к межпланетным экспедициям с длительным пребыванием на поверхности Луны и Марса, что по международной терминологии именуется «дальним космосом». Как результат, требуется модернизация процесса подготовки экипажей, учитывающая новые экстремальные факторы, в числе которых гипогравитация планет и многосуточное пребывание в скафандрах нового поколения.

Гипогравитация Луны и Марса, как разновидность силового поля, многократно отличается по напряжённости от поля Земли, что сближает её по негативному воздействию на человека с невесомостью. Как известно, невесомость вызывает атрофию нижних конечностей и расстройство вестибулярного аппарата. Совершенно очевидно, что в дальнем космосе подобное состояние человека следует исключить. В отличие от МКС, где выходы в открытый космос происходят эпизодически и с длительными паузами между ними (дни, недели), на планетах потребуется ежедневное, многочасовое пребывание в скафандре, т.е. в атмосфере, существенно отличающейся от земной. Кроме того, на фоне частичной потери работоспособности, вызванной гипогравитацией, потребуется выполнение действий, связанных с физической нагрузкой: переходы на значительные расстояния, преодоление сопротивления скафандра, взятие проб грунта и т. п.

Таким образом, освоение дальнего космоса требует существенной корректировки процесса подготовки космонавтов с созданием локальной среды, моделирующей экстремальные факторы реальной среды. Для этого необходимо новое поколение тренажёров, воспроизводящих как гипогравитацию планет, так и атмосферу скафандров произвольного изготовителя (РФ, Китай, США). Существуют два основных подхода к решению проблемы. Первый из них состоит в выполнении полного цикла создания тренажёра, включающего в себя проектирование, изготовление, монтаж, отладку и обучение персонала, что связано со значительными материальными и временными затратами. Второй подход заключается в выявлении и применении резервов существующего оборудования. Такой подход, названный параметрической модернизацией, разработан сотрудниками Самарского университета и ЦПК имени Ю. А. Гагарина на основании соглашения (октябрь 2020 г), в котором предусмотрены «...совместные фундаментальные и прикладные исследования в интересах обеспечения пилотируемых полётов человека в дальний космос» (пункты 2.1.1, 2.1.2). В качестве объекта исследований выбрана всемирно известная центрифуга ЦФ-18, установленная в ЦПК, на которой экипажи тренируются «на перегрузки», связанные с полётом на околоземные орбиты с удалением порядка 400 км.

Оценка технического и технологического потенциала длиннорадиусной центрифуги ЦФ-18 как прототипа тренажёра для экипажей межпланетных экспедиций и технического средства космической медицины.

Для решения поставленных задач был выполнен инженерно-технический анализ конструкции центрифуги ЦФ-18, её системы управления, технологии применения управляемой искусственной силы тяжести при тренировках космонавтов с оценкой достаточности резервов для моделирования гипогравитации Луны, Марса и газового состава скафандров произвольного изготовителя (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Технические характеристики центрифуги ЦФ-18 (фрагмент)

Радиус вращения, м	Диапазон перегрузок, g	Управл. атмосферой кабины	Кол-во степ. свободы	Кол-во мест	Информац. система
1	2	3	4	5	6
18	0–12	+	4	2	+

Основанием для выбора ЦФ-18 как объекта исследований послужили следующие данные. Во-первых, ЦФ-18 обеспечивает одновременную имитацию гипогравитации Луны и газовый состав скафандра произвольного изготовителя, поскольку располагаемый диапазон напряжённости силового поля (перегрузок) составляет 0–12g (табл. 1, позиция 2), при потребном, не превышающем 0,5g, и поскольку центрифуга оснащена системой управления атмосферой кабины (позиция 3). Во-вторых, кабина обладает четырьмя степенями свободы (позиция 4): переносное вращение консоли с кабиной и собственное вращение кабины на карданах в трёх взаимно-перпендикулярных плоскостях. Для имитации гипогравитации Луны и Марса в направлении «голова–ноги» достаточно двух степеней свободы: переносное вращение и разворот кабины на 180° относительно исходного положения. В-третьих, кабина является двухместной, причём со смежным размещением ложементов (рис. 2, табл. 1, позиция 5), что обеспечивает высокую технологичность испытаний. В частности, предложены две схемы комплектования экипажа центрифуги: «космонавт + космонавт», «космонавт + врач». Первая из них ускоряет и удешевляет процесс подготовки, а вторая создаёт благоприятные условия для исследования физиологии человека в условиях, максимально приближенных к реальным, и разработки мер противодействия побочным эффектам в дальнем космосе.



Рис. 1 – Общий вид центрифуги ЦФ-18



Рис. 2 – Общий вид двухместной кабины со стороны входа. Двери кабины открыты

В-четвёртых, длиннорADIUSная центрифуга ЦФ-18 (табл. 1, позиция 1) обеспечивает минимальную неоднородность модельной гипогравитации, составляющую 7,5%. Для сравнения этот показатель для центрифуги среднего радиуса (ЦСР, $r = 7$ м) составляет 24%, а для ЦКР (центрифуга короткого радиуса $r = 2$ м), получившей по понятным причинам наибольшее распространение, достигает по величине 243%. Следовательно, результаты модельных исследований, выполненных на ЦФ-18, в наибольшей степени соответствуют реальным. Что касается других разновидностей центрифуг, то как следствие неоднородности, распространение их результатов на натурные условия проблематично по соображениям адекватности.

В результате исследований, выполненных сотрудниками Самарского университета и ЦПК имени Ю.А. Гагарина, показано, что потенциал центрифуги ЦФ-18 достаточен для преобразования её в прототип тренажёров, предназначенных для тренировки экипажей межпланетных экспедиций (дальний космос) и решения ряда задач космической медицины. Для этого достаточно выполнить параметрическую модернизацию, основу которой составляет

корректировка режимов вращения, пространственной ориентации кабины, её газового состава, применение двух вариантов испытуемых: «космонавт + космонавт», «космонавт + врач» в сочетании с применением современной цифровой информационно-аналитической системы.

Сведения об авторе

Акулов Владислав Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры сопротивления материалов Самарского университета. Область научных интересов: исследования и управление нестационарными процессами в механических и гидравлических системах; применение управляемой искусственной силы тяжести в задачах, связанных с освоением дальнего космоса (межпланетные экспедиции) и практической медицины (гравитационная терапия).

TRAINING SIMULATOR PROTOTYPE CREWS OF INTERPLANETARY EXPEDITIONS

Akulov V.A.

Samara National Research University, Samara, Russia, vladislav.a.akulov@gmail.com

Keywords: hypogravity, deep space, parametric modernization, centrifuge.

As a result of research carried out by employees of the Samara University and the State Organization “Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center”, it was shown that the potential of the CF-18 centrifuge is sufficient to transform it into a prototype of simulators intended for training crews of interplanetary expeditions (deep space) and solving a number of tasks of space medicine. To do this, it is enough to perform a parametric modernization, the basis of which is the correction of the rotation modes, the spatial orientation of the cabin, its gas composition, the use of two variants of the test subjects: «cosmonaut + cosmonaut», «cosmonaut + doctor» in combination with the use of a modern digital information and analytical system.