

# THE CONCEPT OF LABOR ACTIVITIES IN THE HYPOGRAVITAL SPACE OF THE MOON

Oleg S. TSYGANKOV,

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, RSC Energia, Honored Designer of the Russian Federation, Honored Tester of Space Technology of the Russian Federation of Cosmonautics, academician, the Russian Academy of Cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky, Moscow, Russia, [instrumkos@yandex.ru](mailto:instrumkos@yandex.ru)

**ABSTRACT** | The actualization of attention to the Moon with the aim of achieving and involving it in the production and economic turnover of the Earth's civilization is declared as the prevailing trend in modern space activity by the scientific community. The author was a direct participant in the testing of the crew's actions on the lunar surface in the framework of the domestic program N1/L3 in 1969-1974. He combines the results obtained at that time with half a century of practical experience in outer space at geo-orbital stations. Also he sets out his views on the content, features and means of labor at the initial stage of moon exploration, and also considers the moon as an object of geopolitics.

**Keywords:** hypogravity, orbit, stability, infrastructure, spacesuit, safety, radiation, lunar architecture, lunomobile, geopolitics

# КОНЦЕПЦИЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГИПОГРАВИТАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛУНЫ



Олег Семенович ЦЫГАНКОВ,

главный научный сотрудник ЦО «РКК "Энергия" имени С. П. Королёва», доктор технических наук, заслуженный конструктор РФ, заслуженный испытатель космической техники Федерации космонавтики РФ, академик Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского, Москва, Россия, [instrumkos@yandex.ru](mailto:instrumkos@yandex.ru)

**АННОТАЦИЯ** | Актуализация внимания к Луне с целью ее достижения и вовлечения в производственно-хозяйственный оборот земной цивилизации декларируется научным сообществом как преобладающий тренд в современной космической деятельности.

В статье автор, как непосредственный участник экспериментальной отработки действий экипажа на поверхности Луны в рамках отечественной программы Н1-Л3 в 1969-1974 годах, объединяя полученные тогда результаты с полувековым практическим опытом работ в открытом космосе на геоорбитальных станциях, излагает свои взгляды на содержание, особенности и средства осуществления трудовой деятельности на начальном этапе освоения Луны, рассматривает Луну как объект geopolitics.

**Ключевые слова:** гипогравитация, орбита, устойчивость, инфраструктура, скафандр, безопасность, радиация, лунная архитектура, луномобиль, геополитика



## ВВЕДЕНИЕ

Наше понимание мира зависит от нашей пространственной концепции. Пространство является не только важной основой нашего восприятия, но оно также определяет, как нам классифицировать события и окружающие нас условия и объекты.

В течение тысячелетий Homo sapiens подтверждает свое видовое отличие, реализуя разумную, целенаправленную трудовую деятельность в самых разных окружающих условиях: в жару и холод, на грунте и воде, на равнинах и в горах, в джунглях и пустынях, даже в воздухе. XX век перенес трудовую деятельность человека в условия, несвойственные для планеты Земля, и произошло это не из-за природных изменений, а в результате именно трудовых устремлений человечества в области науки и техники. Яркими индикаторами произошедшего расширения условий обитания и труда человеческой популяции являлись поистине эпохальные события: преодоление земного притяжения, преодоление пустоты пространства, преодоление отчужденности небесных тел.

## ПРЕЦЕДЕНТ

Прошло более полувека с тех пор, как человек впервые ощутил состояние невесомости непосредственно в космическом полете. Организм человека, как и всех наземных живых существ, формировался и развивался в гравитационных, температурных и атмосферных условиях планеты Земля. И вот человек попадает в среду, остроконфликтную по отношению к условиям его зарождения и существования, в условия микротяжести, что оказывает отрицательное влияние на биомеханику человека, лежащую в основе ручного труда. Таким же неприемлемым для жизнедеятельности является безвоздушное окружающее пространство.

Скафандр, как автономная система обеспечения жизнедеятельности, защищает человека от многих факторов космического пространства, но не может защитить от микрогравитации. Опосредованное влияние уменьшенной в 106 раз силы тяжести на трудовую деятельность космонавта проявляется в виде феномена безопорного состояния, при котором невозможность выполнения силовых действий вытекает из законов механики. Преодоление безопорного состояния достигается фиксацией тела космонавта в функционально выгодной рабочей позе путем наложения связей различной жесткости, которые одновременно являются

и средствами обеспечения безопасности, особенно при работе вне гермоотсеков.

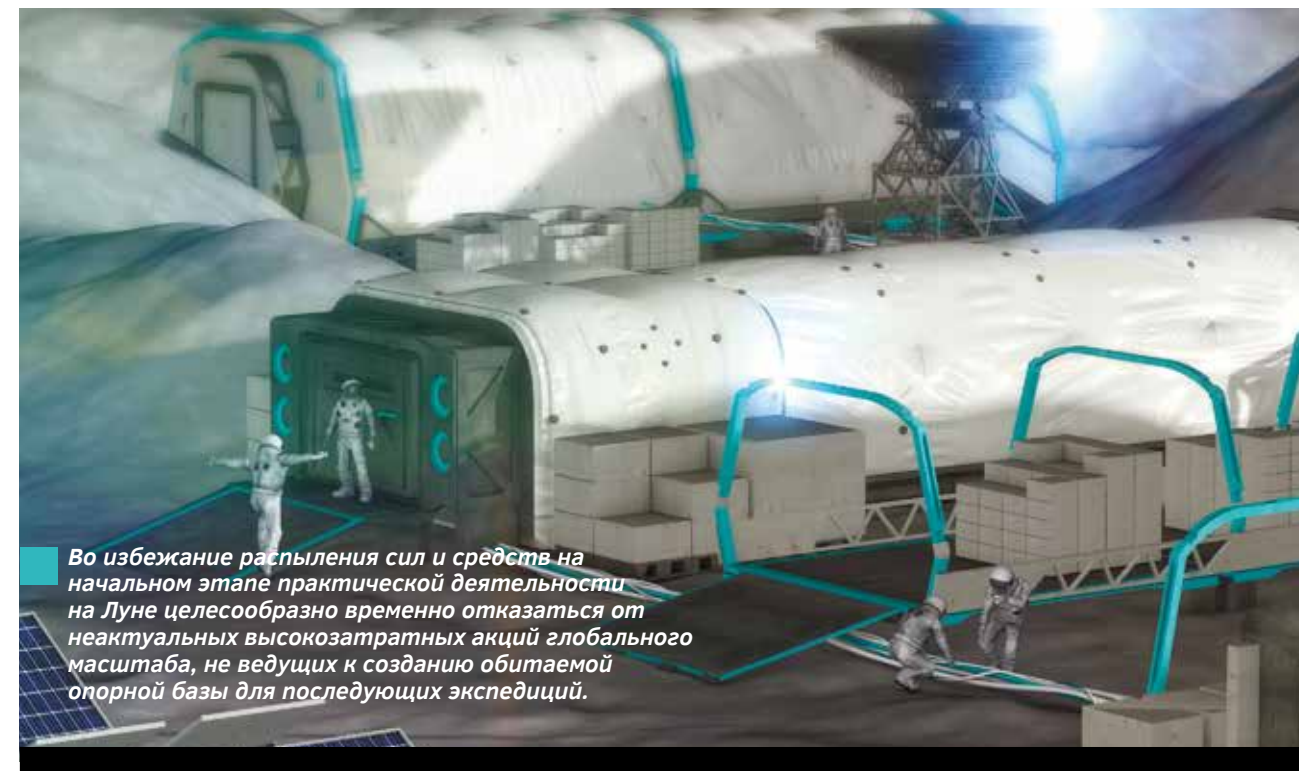
Таким образом, для целей пилотируемых полетов в последней четверти XX века была сформирована такая модель трудовой среды и образа действий, которая обеспечивает двигательную активность космонавта с достаточной степенью приближения к результатам трудовых действий на Земле. То есть положительный опыт адаптации к необычным условиям существования получен, а внекорабельная деятельность (ВКД) стала инженерной и этической реальностью в континууме трудовой деятельности человека.

## ЭКСПОЗИЦИЯ ПРОБЛЕМАТИКИ

Активно декларируемый в научной печати и в СМИ тренд в развитии мировой космической деятельности — это Луна. США, Китай, Индия, Япония, ЕКА включают в планы национальной космической деятельности достижение, исследование и освоение Луны. Россия не останется в стороне от будущей лунной эпопеи. Однако сегодня, судя по прессе, продолжается концептуальное обсуждение лунной программы, которое может продолжаться и далее. Концепции формируются исходя из возможностей и ресурсов. Последние два фактора должны предостеречь нас от копирования американского или китайского подхода. На этот «зов космоса» придется искать ассиметричный отклик.

Для организации и технического обеспечения производства работ необходимо иметь хотя бы представление о задачах, содержании и особенностях трудовой деятельности на Луне и формах ее осуществления. Проектная активность космических агентств может выражаться в подготовке вариантов лунных программ в зависимости от имманентного восприятия и понимания Луны как таковой.

**Вариант 1.** Луна может рассматриваться как астрономическое тело, исключительно как объект углубленных исследований с целью установления ее устройства, происхождения, дальнейшей эволюции. В соответствии с этим планируются многофакторные исследования по геологии, сейсмологии, геохимии, геофизике, геодезии, детальное картографирование глобуса Луны. Такой подход сопряжен с выполнением посадок автоматических и пилотируемых взлетно-посадочных аппаратов во множестве пунктов поверхности, осуществлением кратковременных экспедиций с обеспечением каждого нового пункта обитаемым объемом,



*Во избежание распыления сил и средств на начальном этапе практической деятельности на Луне целесообразно временно отказаться от неактуальных высокотратных акций глобального масштаба, не ведущих к созданию обитаемой опорной базы для последующих экспедиций.*

возможностью выхода на поверхность, научным оборудованием, транспортным средством [1]. Этот вариант взаимодействия с Луной по стоимости и затратам времени отодвинет ее освоение на многие годы.

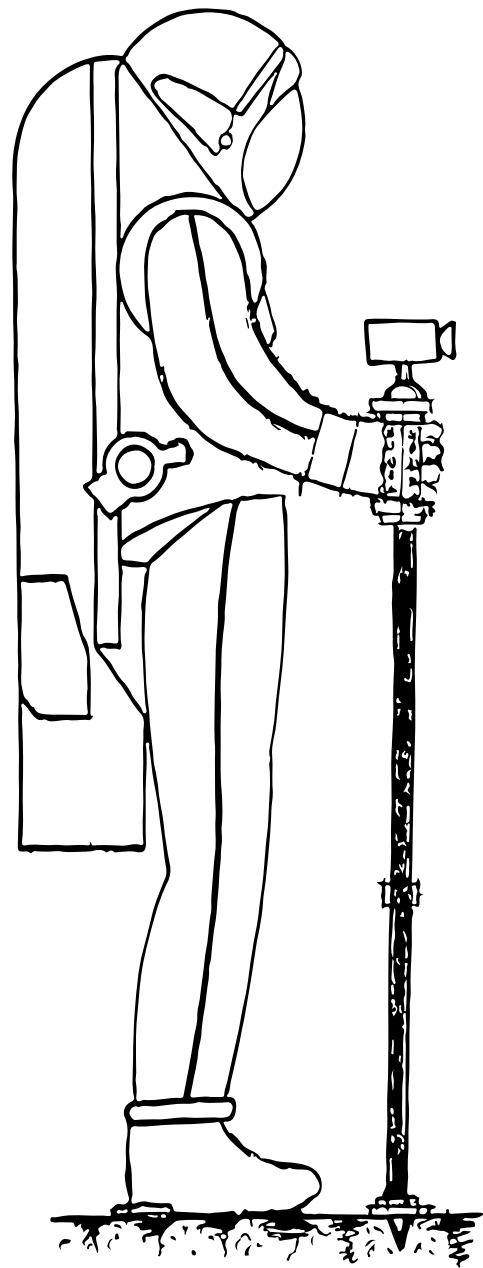
**Вариант 2.** Существует распространяемое мнение о необходимости проведения начального этапа освоения Луны автоматическими средствами, вплоть до создания на поверхности Луны так называемого научно-технического полигона, насыщенного автоматическими установками различного назначения: луноходами с устройством отбора образцов, роботами для их перегрузки на взлетный аппарат, транспортно-монтажными средствами, энергетической станцией и технологическими объектами. Предполагается, что планомерная и долгосрочная эксплуатация объектов полигона приведет к возможности создания условий для автоматической, а затем и обитаемой лунной базы [2]. Кроме неприемлемой потери темпа, активация и функционирование автоматических установок в отсутствие космонавтов-специалистов вызывает много вопросов и сомнений, что вытекает из опыта эксплуатации орбитальных станций.

**Вариант 3.** Луна может пониматься и по-другому: в качестве седьмого континента планеты Земля, который должен стать плацдармом

и трамплином для продвижения человечества в дальний космос на основе его промышленно-хозяйственной эксплуатации. При таком целеполагании содержание и формы космической деятельности землян должны определяться стремлением к достижению исторически и логически оправданной цели: научиться жить и работать на Луне. Это означает обоснованный выбор дислокации и формирование обитаемой базовой станции в составе как минимум энергомодуля, объектов, содержащих гермообъемы для обитания и оборудование для операционной деятельности персонала станции, транспортное средство, взлетно-посадочный аппарат для сообщения с селеноорбитальной станцией. Все дальнейшие исследования, изучение, обживание, обустройство лунных территорий будут включать в себя оптимальное распределение функций между человеком и робототехникой.

Средства, ассигнуемые на космическую деятельность, в большей или меньшей мере ограничены в любом государстве, осуществляющем такую деятельность. В этой ситуации целесообразно оптимизировать распределение средств и ресурсов, сосредоточить внимание на создании и отработке таких технологий, отсутствие которых станет критическим препятствием для начала продуктивной космической деятель-





Абразивный эффект от попадания лунной пыли в узлы трения может стать причиной отказов механизмов и внешних элементов скафандра. Защиту от пыли придется создавать по аналогии с защитой от воды в механизмах подводных аппаратов.

ности на Луне. Выбор стратегии космической деятельности применительно к Луне может быть сделан на основе компаративного технико-экономического анализа с учетом опыта создания и эксплуатации орбитальных станций и пилотируемых космических кораблей.

Первостепенной задачей, разумеется, является формирование транспортной системы по маршруту З – ГЦО – СЦО – Л<sup>1</sup> и обратно. Например, такой транспортный мост будет поддерживаться различными типами аппаратов на разных участках маршрута. Схема известна, и таких проектов опубликовано достаточно много, что не является предметом данной статьи.

Как минимизировать вероятность принятия неоптимальной программы дальнейших действий после достижения Луны? Такая вероятность появляется, если поиск ответа на традиционный для российского менталитета вопрос «что делать?» заменить решением другого прагматического вопроса — «что не делать?» Этот методологический прием назовем «принципом отказа». По личному мнению автора, для исключения распыления сил и средств на начальном этапе практической деятельности на Луне, целесообразно временно отказаться от комплекса действий, приведенных выше в вариантах 1 и 2, и выполнять только необходимый уровень поддерживающих исследований, избегая неактуальных высокотратных акций глобального масштаба, которые не ведут кратчайшим путем к решению основной задачи — формированию опорной обитаемой базы для последующих экспедиций. Это поможет исключить возникновение ситуации фальстарта.

Классический пример действия в сложной обстановке дал С. П. Королёв. В соответствии с постановлением правительства, в ОКБ-1 шло создание спутника массой 1000 – 1400 кг с аппаратурой для научных исследований массой 200 – 300 кг с целью выведения его на орбиту ракетой Р-7 в 1957 – 1958 гг. В конце июня 1956 года выяснилось, что удельный импульс ракеты Р-7 оказался заниженным против расчетного. Пуск откладывался на год. В это же время стало известно, что США публично анонсировали выведение на околоземную орбиту искусственного спутника, приуроченное к Международному геодезическому году. В осложнившейся ситуации Сергей Павлович принял смелое решение облегчить ракету-носитель, упростить и облегчить полезную нагрузку до 100 кг, но во что бы то ни стало осуществить запуск. И вот 4 октября 1957 года свершилось событие, которое перенесло человечество в космическую

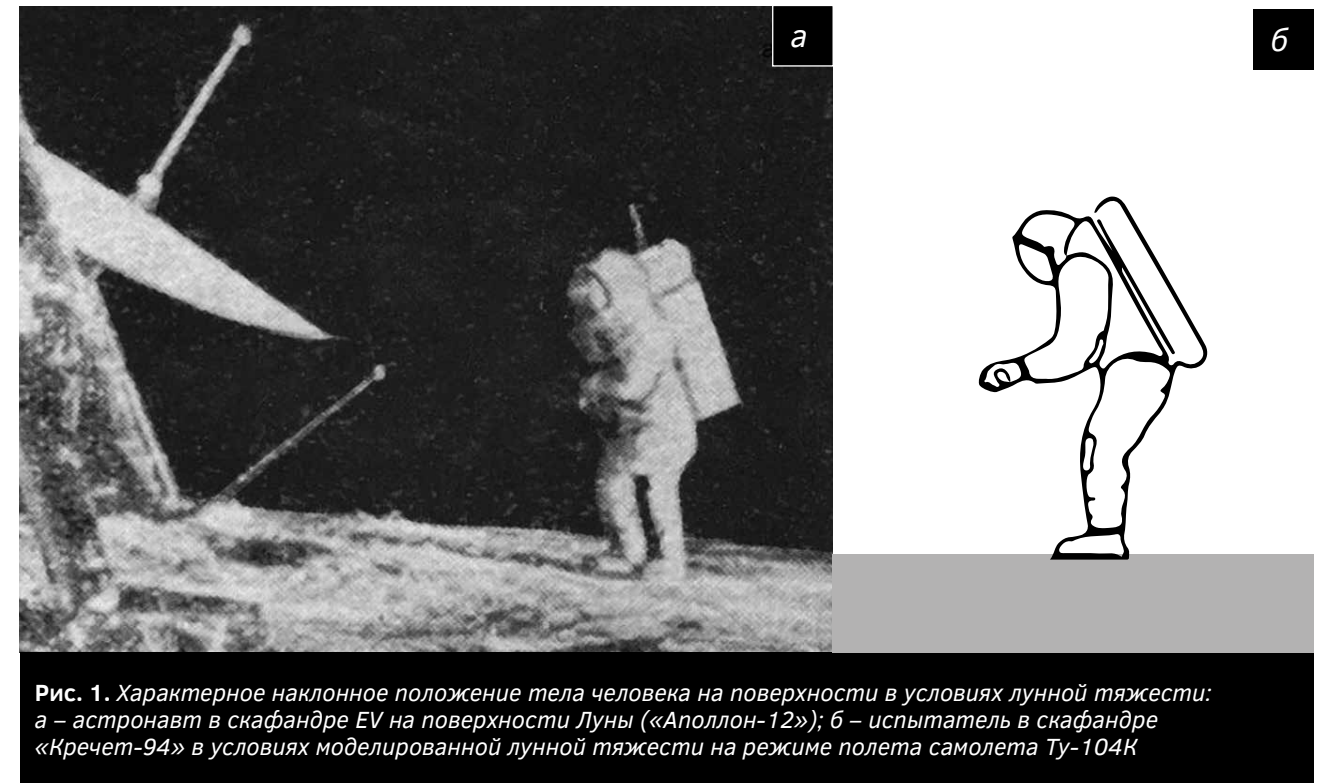


Рис. 1. Характерное наклонное положение тела человека на поверхности в условиях лунной тяжести: а – астронавт в скафандре EV на поверхности Луны («Аполлон-12»); б – испытатель в скафандре «Кречет-94» в условиях моделированной лунной тяжести на режиме полета самолета Ту-104К

эпоху [3]. Нам, в России, необходимо осознать смысловое единство первого спутника и авангардной станции на поверхности Луны. Можно предполагать, что создание на Луне первой обитаемой базы-станции, как и первый спутник, станет резонансным и историческим событием, мощным стимулом к развитию космонавтики. А аппарат, который готовился к роли первого советского спутника с задачами многоплановых исследований, был выведен на орбиту 15 мая 1958 года как третий советский спутник массой 1327 кг.

## ЧЕЛОВЕК-АКТОР

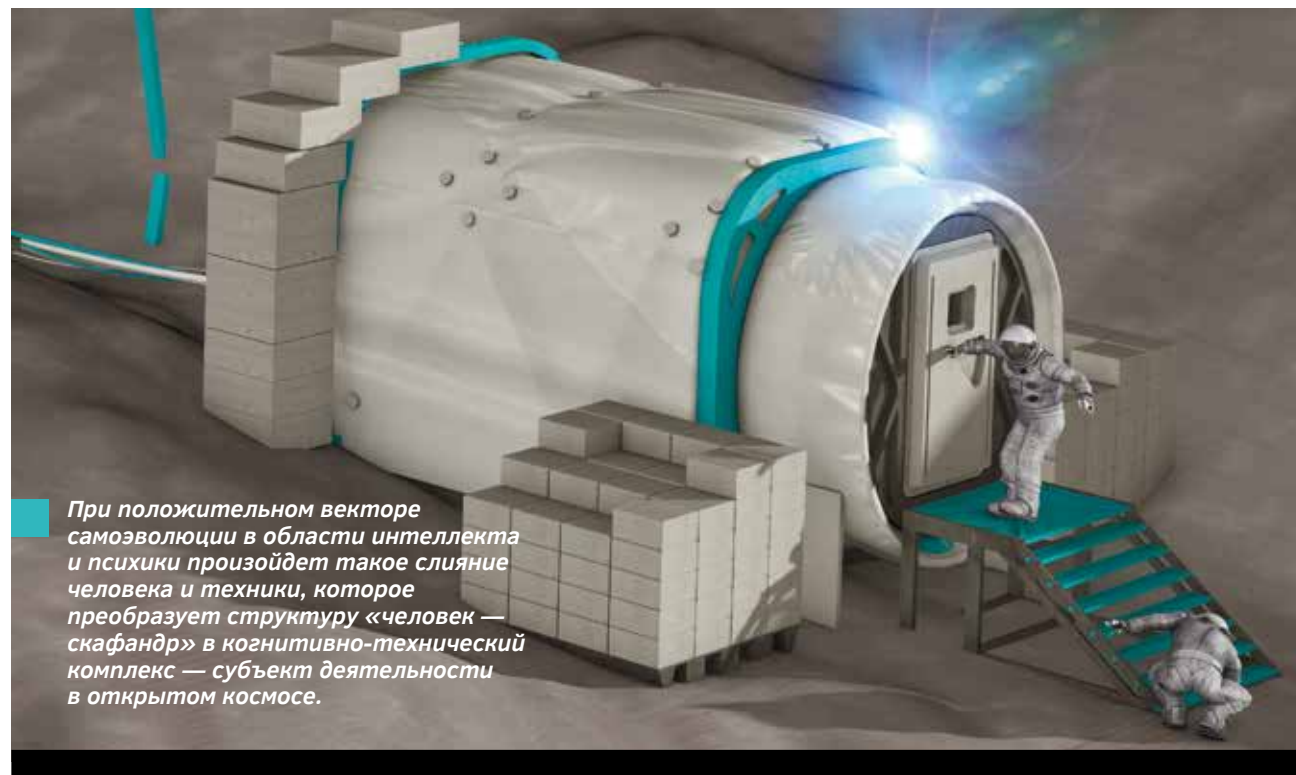
Каким актором может стать землянин на Луне?

В обитаемых гермообъектах он будет оператором систем управления, функционирующим в условиях особенностей окружающей среды: пониженной силы тяжести, отсутствия магнитного поля, а также эффекта замкнутого пространства, хорошо изученного на орбитальных станциях и подводных кораблях.

Работоспособность непосредственно на поверхности, в открытом пространстве будет определяться в основном двумя преобладающими факторами: свойствами скафандра и гравитационной зависимостью.

Двигательная активность космонавта при внекорабельной деятельности на орбитальной станции и на поверхности Луны может быть признана аналогичной. Действительно, использование защитного облачения — скафандра сближает трудовые возможности исполнителей в пространствах микро- и гипогравитации. Условия микрогравитации воспринимаются и переживаются человеком как ощущение невесомости и в состоянии покоя не вызывают никаких затрат энергии, кроме метаболического обмена. В условиях гипогравитации возникает проблема поддержания устойчивости положения тела субъекта относительно вертикали, что требует определенного напряжения мышц и энергозатрат. Глобальные макрогеологические структуры лишь опосредованно будут влиять на трудовую деятельность космонавта на Луне. А вот локальный ландшафт в зоне деятельности, микрорельеф поверхности, свойства грунта под подошвами ботинок скафандра непосредственно определяют позу космонавта и методику передвижения, требования к скафандру и оборудованию, технологию выполнения трудовых операций. У космонавта, облаченного в скафандр, стоящего на ровной поверхности, центр тяжести (ЦТ) перемещается вверх и несколько назад. Чтобы сохранять равновесие, необходим некоторый наклон вперед. При создании отечественного

<sup>1</sup> Земля – геоцентрическая орбита – селеноцентрическая орбита – Луна.



При положительном векторе самозволюции в области интеллекта и психики произойдет такое слияние человека и техники, которое преобразует структуру «человек — скафандр» в когнитивно-технический комплекс — субъект деятельности в открытом космосе.

лунного скафандра «Кречет-94» была учтена эта необходимость (рис. 1).

Сущность статической задачи удержания равновесия человеком, стоящим на поверхности, сводится к приведению проекции ЦТ тела на площадь опоры, определяемую площадью стоп и поверхностью между ними. Лимитирующими факторами в таком процессе являются угол трения между подошвами ботинок и грунтом и анатомо-физиологические возможности человека: объем угловых движений в суставах, сила мышц, координация движений. Повышается значение подвижности голеностопных суставов при удержании равновесия на склоне. По результатам исследований, проведенных в рамках отечественной программы Л-3, устойчивость в скафандре «Кречет-94» сохранялась испытателем без дополнительных средств на склонах до 14°. Более крутые склоны требовали от испытателя осторожных действий, на склонах более 20° могла потребоваться страховка с помощью альпенштока или фала, удерживаемого другим исполнителем. Можно предположить использование опор типа палок для скандинавской ходьбы, которые будут выполнять функции, аналогичные средствам фиксации в условии микрогравитации. Найдено и испытано несколько способов передвижения:

хождение, подскоки при ходьбе, прыжки двумя ногами одновременно.

При нарушении равновесия возможны падения. Скорость падений мала, и для человека в скафандре они не являются травмоопасными, но повреждение внешних элементов скафандра при контакте со скальными обломками исключить нельзя. Однако при медленном падении можно успеть повернуться лицом к поверхности и встать на ноги. Падение можно предотвратить шагом в сторону наклона, но шаги вбок затруднены ограниченной подвижностью скафандра в области тазобедренных суставов [4]. При падении на спину необходима помощь другого космонавта или применение специальных приемов и средств. В отечественной программе были отработаны методика и средства выполнения действий в этом случае.

Для условий космического полета были определены локомоторные и энергосиловые характеристики человека в скафандре, эргономические параметры рабочих мест, обзор и досягаемость рабочих зон и др. Предстоят исследования по определению количественных показателей этих же характеристик для пространства микрогравитации.

Рассматривая вопрос о нагрузке на космонавта на Луне, естественно сравнивать ее с такой в процессе ВКД на орбитальной станции.

Сам факт нахождения в скафандре является нагрузкой на организм космонавта. Передвижение с помощью поручней по поверхности орбитальной станции, перемещение предметов осуществляется с приложением минимума усилий. Немногим более усилий требуется для занятия и фиксации в удобной для работы позе. Основные затраты энергии космонавта приходятся на манипуляции руками, при которых нужно сгибать/разгибать аэробалки рукавов и пальцев перчаток скафандра. Весь диапазон нагрузок на руки остается и в микрогравитации, но усугубленный наличием лунной весомости. Появляется функциональная нагрузка ног при ходьбе, которая отсутствует при ВКД на орбитальной станции. Пешие переходы, перенос грузов вручную, отбойка скальных образцов, забивание грунтоносов, бурение для получения кернов и другое становятся довольно трудоемкими задачами, требующими промежуточного отдыха в процессе работы. Количественные оценки энергозатрат при различных трудовых действиях необходимы для установления продолжительности рабочих смен.

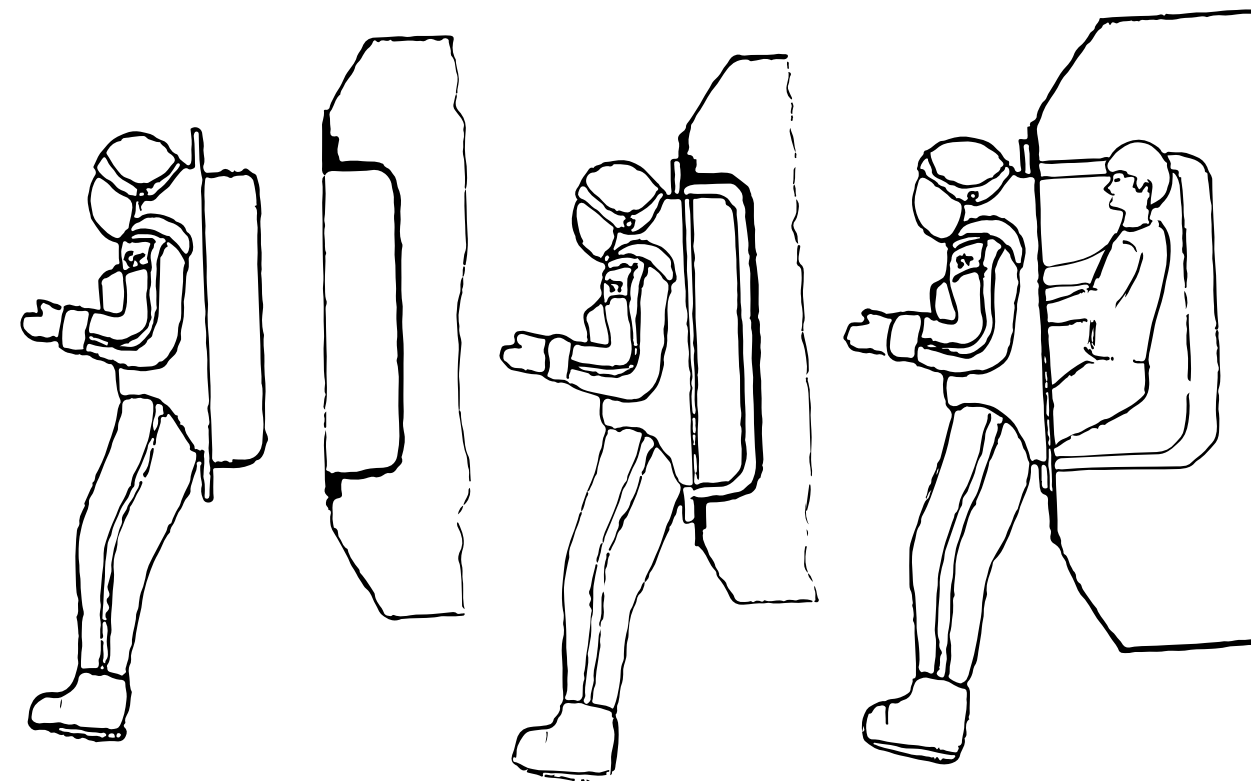
Безопасность космонавта является объектом внимания и ответственности специалистов при разработке конструкций и программы действий для каждого момента времени. Некото-

рые опасности (угрозы безопасности) обусловлены спецификой природы Луны. От воздействия пыли появляется опасность повреждения перчаток, абразивный эффект от попадания пыли в узлы трения может стать причиной отказов механизмов и внешних элементов скафандра. Защиту от пыли придется, по-видимому, создавать такую же, как от воды в механизмах подводных аппаратов. Передвижение по склонам обуславливает необходимость особой осторожности, в том числе по причине возможного скольжения подошв ботинок скафандра на скальных обнажениях, снижения устойчивости на склонах, оползней, обрушения и скалывания камней.

## СКАФАНДР — ALTER EGO

Скафандр как инженерное сооружение является ближайшим к человеку компонентом технической среды в открытом космическом пространстве. Скафандр является инструментом-посредником между человеком и предметом труда. Преодоление конструктивных трудностей при создании скафандра предопределяет заведомое игнорирование ряда требований биомеханики.

Рис. 2. Капсюльная система шлюзования





Вместе с тем скафандр дает возможность жить и работать в неземных условиях.

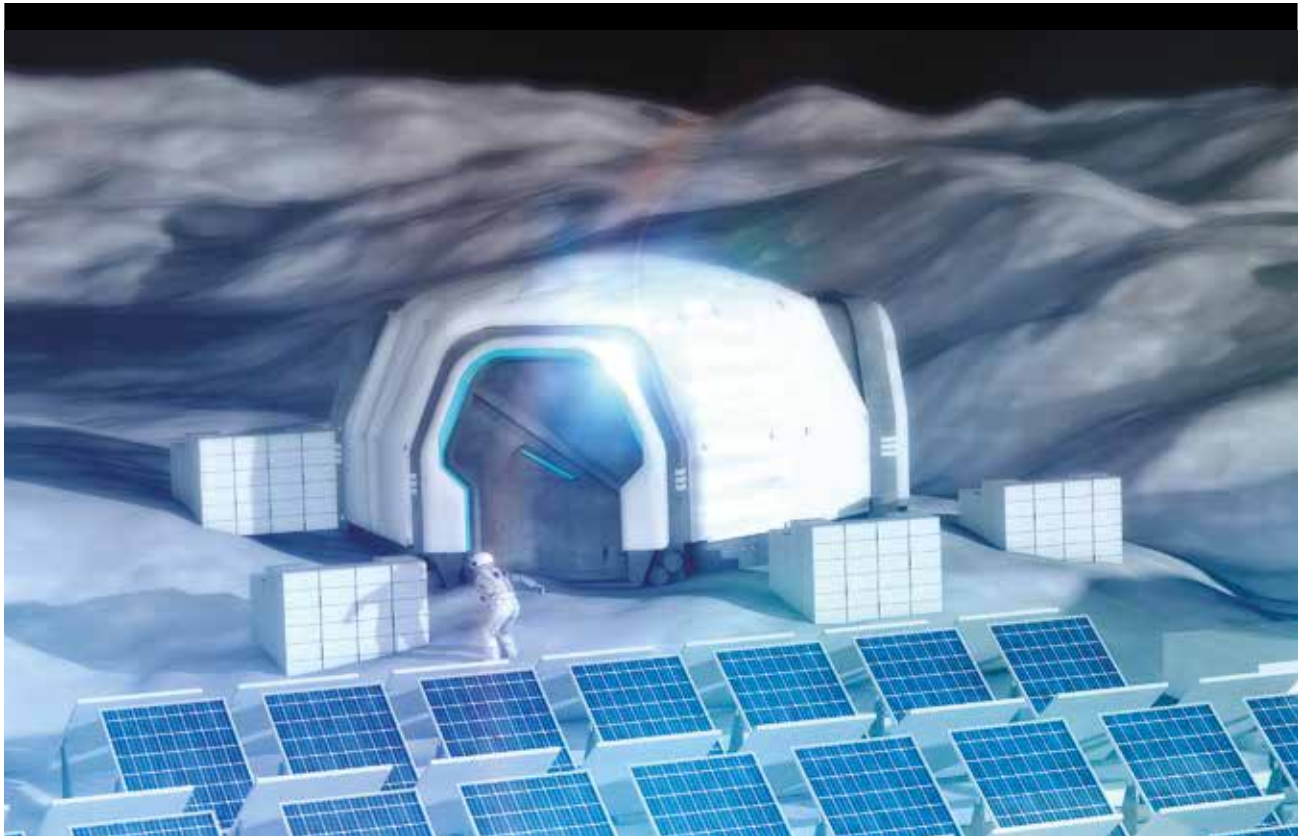
В рамках советской лунной программы Н1-Л3 были разработаны полужесткие скафандры «Кречет-94» для действий на поверхности Луны и «Орлан» для выхода в открытый космос в процессе полета. В принципе основные конструктивные решения для обоих скафандров были идентичными за некоторыми исключениями. В связи с началом работ по созданию орбитальной станции были разработаны варианты использования скафандра «Орлан» для выхода в открытый космос из станции. Существующая для применения в открытом космосе отечественная система орбитального базирования «Орлан» обладает большим модернизационным потенциалом, подвергаясь оптимизации, успешно эксплуатируется в течение 50 лет. Возможна адаптация для капсальной системы шлюзования (рис. 2), что значительно снизит расход газа из гермоотсеков.

Вселяет оптимизм развитие скафандростроения: криогенные агрегаты, биоэлектронное зрение, экзоскелетон, автономные средства перемещения над поверхностью. Достаточные ресурсы расширят трудовые возможности космонавта. Положено начало концептуальным

и экспериментальным исследованиям в области создания принципиально новых видов защитного снаряжения, когда на базе новых материалов и нанотехнологий создается гермооболочка облегающего типа без газовой прослойки между оболочкой и телом, как это реализовано в существующих скафандрах. Такое решение позволит использовать локомоторные возможности человека без значительных ограничений.

Оптимизация системы трудовой деятельности вне Земли, возможно, будет связана с совершенствованием самого человека: применение методов биоэлектроники, нанохирургии, биотехнологий, психотерапии и, может быть, в будущем, генной инженерии. При положительном векторе самозволюции в области интеллекта и психики произойдет такое слияние человека и техники, которое преобразует структуру «человек-скафандр» в некий когнитивно-технический комплекс, который можно рассматривать в качестве субъекта космической деятельности в открытом космическом пространстве.

Продолжение статьи читайте в следующем выпуске журнала.



Литература

1. Мировая пилотируемая космонавтика / под ред. Ю.М. Батурина. М.: РТСофт, 2005. С. 142, 155, 164, 165

2. Полищук Г.М. Как дотянуться до Луны // Российский космос. 2008. № 4. С. 22 – 27.

3. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Т. 2. М., РТСофт, 2006. С. 376 – 380.

4. Армстронг Н. Исследование лунной поверхности // Земля и Вселенная. 1970. № 5. С. 30 – 36.

5. Цыганков О.С. Концептуальная модель формирования лунной исследовательской станции // Полет. 2008. № 12. С. 13 – 17.

6. Николай Дорожкин. Запах лунной пыли // Независимая газета. «НГ-Наука». 2008. 09 апреля.

7. Цыганков О.С. Луна в ракурсе человеческого фактора // Полет. 2007. № 11. С. 16 – 23.

8. Багров А.В. Как поделить Луну? // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3. С. 26 – 35.

References

1. Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika. Ed. Yu. M. Baturin. Moscow, RTSoft, 2005, pp. 142, 155, 164, 165

2. Polishchuk G.M. Kak dotyanut'sya do Luny. Rossiyskiy kosmos, 2008, no. 4, pp. 22 – 27.

3. Chertok B.E. Rakety i lyudi. Vol. 2, Moscow, RTSoft, 2006, pp. 376 – 380.

4. Armstrong N. Issledovanie lunnoy poverkhnosti. Zemlya i Vselennaya, 1970, no. 5, pp. 30 – 36.

5. Tsygankov O.S. Kontseptual'naya model' formirovaniya lunnoy issledovatel'skoy stantsii, Polet, 2008, no. 12, pp. 13 – 17.

6. Nikolay Dorozhkin. Zapakh lunnoy pyli. Nezavisimaya gazeta. «NG-Nauka», 2008. April 09.

7. Tsygankov O.S. Luna v rakurse chelovecheskogo faktora. Polet, 2007, no. 11, pp. 16 – 23.

8. Bagrov A.V. Kak podelit' Lunu? Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 3, pp. 26 – 35.



© Цыганков О.С., 2020

История статьи:  
Поступила в редакцию: 16.05.2020  
Принята к публикации: 11.06.2020

Модератор: Плетнер К.В.  
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:  
Цыганков О.С. Концепция трудовой деятельности в гипогравитационном пространстве Луны // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 3. С. 34 – 43.