



СКАФАНДРЫ ДЛЯ ЭКСПЕДИЦИИ НА МАРС

Одной из важных задач при подготовке будущей марсианской экспедиции является создание скафандров, обеспечивающих эффективную и безопасную работу человека во время перелета и на поверхности планеты.

Применение скафандров в ходе марсианской экспедиции возможно на всех этапах полета: от старта к Красной планете до возвращения на

Землю, включая взлет и посадку и исследование планеты на ее поверхности.

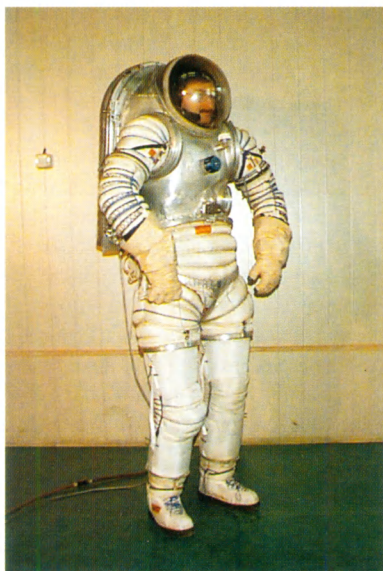
В настоящее время в пилотируемых программах используются два типа скафандров. На активных участках полета космонавты в космическом корабле размещаются в «легких», так называемых аварийно-спасательных скафандрах массой около 10 кг. Для выхода в открытый космос используют «тяжелый» скафандр – «космический корабль» на одного человека с многочасовым запасом кислорода, массой 115–120 кг. Скафандры всех типов защищают человека от низкого давления, радиации, экстремальных температур и других зачастую смертельных факторов космического пространства.

Таким образом, в настоящее время применяются специальные скафандры для каждой фазы полета. Целесообразен ли такой подход для дальнейшей экспедиции? Или необходим какой-то

«универсальный» скафандр? Данная проблема подлежит дополнительному исследованию. Возможно, это прояснится, когда будет выработана четкая концепция сценария полета и в зависимости от этого произведен выбор необходимого снаряжения.

На ОАО «НПП «Звезда» накоплен большой опыт разработки всех типов скафандров. В 1960-е гг. проводились работы по созданию скафандра «Кречет» для советской лунной программы. Имеется и большой опыт длительной эксплуатации скафандров на орбитальных станциях «Салют», «Мир» и МКС. Он должен быть использован и при разработке скафандров нового поколения для экспедиции на Марс.

Полученный на орбитальных станциях опыт показал, что оптимальными для осуществления внешней корабельной деятельности (ВКД) при длительных космических полетах являются скафандры полужесткого типа



Экспериментальный макет отечественного марсианского скафандра

семейства «Орланов». Они имеют жесткий (выше пояса) корпус, объединенный со шлемом, задний входной люк, крышкой которого является ранец с расположенными в нем агрегатами системы жизнеобеспечения, и мягкую конструкцию рукавов, нижней части корпуса и штанин.

При выборе концепции будущих скафандров рассматриваются скафандры полужесткого и мягкого типов. Следует отметить, что в США разрабатываются концепции скафандров для экспедиции на Марс обоих типов.

Анализ условий эксплуатации скафандра на Марсе показывает, что успешно используемые в настоящее время орбитальные скафандры не рассчитаны на работу в этих условиях. При разработке марсианского скафандра должен быть решен ряд задач. В первую очередь это проблема обеспечения подвижности оболочки и снижение массы скафандров.

Пребывание человека в открытом космосе на орбите Земли потребовало обратить главное внимание на обеспечение высокой работоспособности рук космонавта. Это необходимо для его фиксации во время перемещений по поверхности станции, а также работ с различной аппаратурой, инструментами, пультами и органами управления, с транспортировкой грузов, сборки конструкций и т.п. При этом ноги космонавта в условиях невесомости играют второстепенную роль: они используются в основном при фиксации скафандра на рабочем месте и во время прохода через люки шлюзовой камеры.

Рукава и перчатки российских орбитальных скафандров типа «Орлан» совершенствовались при каждой модификации и имеют относительно высокие характеристики подвижности. В современном виде они вполне могли бы быть использованы и для марсианского скафандра.

В то же время нижняя (мягкая) часть корпуса орбитального скафандра типа «Орлан» совсем не обладает подвижностью, а оболочки ног (штанины) имеют минимальную подвижность, необходимую лишь для выполнения задач ВКД в условиях невесомости.

В отличие от орбитального, одной из главных особенностей марсианского скафандра является обеспечение хождения космонавта по сильно пересеченной поверхности планеты и возможности работы с образцами грунта, для чего необходимо нагибаться вперед и вставать на колени. Должна также обеспечиваться возможность спуска и подъема по трапу корабля, входа-выхода из шлюзовой камеры или марсохода и т.д.

Все это требует обратить особое внимание на подвижность элементов оболочки скафандра, находящегося под избыточным давлением.

В межпланетном пространстве

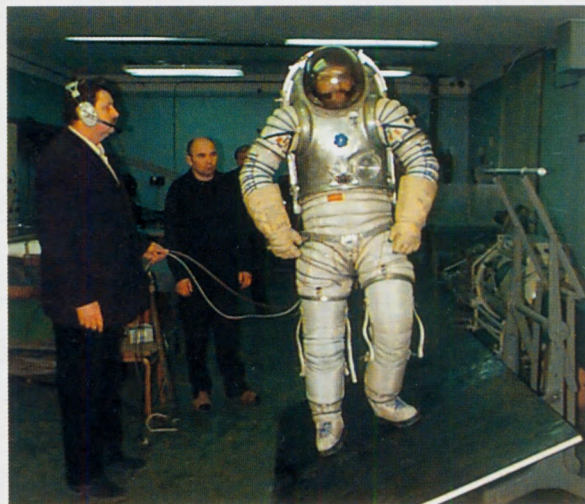
Как сказано выше, скафандр может быть использован на разных фазах полета пилотируемой экспедиции на Марс. В межпланетном пространстве уровень ионизирующего радиационного облучения относительно высок и противорадиационная защита экипажа во время перелета - одна из самых серьезных проблем безопасности полета. В связи с этим необходимо исключить ВКД из перечня штатных операций на фазах перелета и орбитальной фазе у Марса.

Современные скафандры космонавта (СК) не обладают достаточной противорадиационной защитой, поскольку это приведет к утолщению оболочки и росту его габаритов и массы. В противном случае необходимо увеличить почти на два порядка его противорадиационную защиту (эквивалент по алюминию - около 20 г/см²) и применить активные средства противорадиационной защиты, требующие затрат энергии на создание электромагнитных полей вокруг космонавтов. В случае аварийной ситуации задачи ВКД следует решать с помощью робототехнических средств или переоснащаемого скафандра, предназначенного для ВКД на поверхности Марса.

Такое оборудование для дооснащения скафандра может быть выполнено отдельной укладкой-комплектom. Возможны случаи, когда только ВКД поможет восстановить живучесть корабля. Со временем, вероятно, появятся также запланированные ВКД на поверхности орбитального блока, постоянно находящегося на орбите вокруг Марса, при развитии его инфраструктуры и в процессе эксплуатации.

Вблизи планет

На этапах взлета, посадки, стыковки и расстыковки существует опасность разгерметизации корабля и по соображениям безопасности космонавтам необходимо находиться в скафандрах. Для этого в настоящее время применяются скафандры аварийно-спасательного типа. Находясь в посадочном модуле, космонавты должны быть защищены скафандрами на случай аварийной посадки. Для ремонта или для перехода на другой корабль может потребоваться ВКД из разгерметизированного модуля. Тогда в качестве аварийно-спасательного скафандра необходимо будет приме-



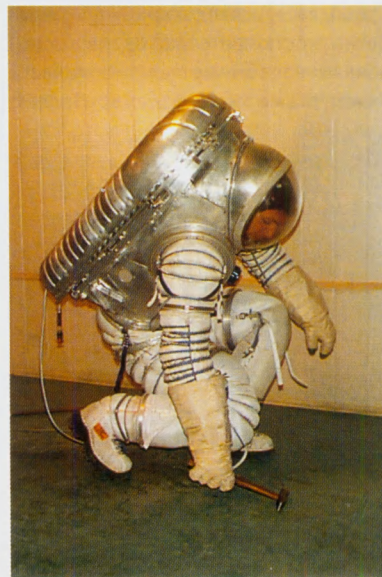
нить скафандр, предназначенный для ВКД на поверхности Марса, аналогично программе «Аполлон» и советской лунной программе.

Внекорабельная деятельность на поверхности Марса

На технические решения при выборе конструкции скафандра для работы на поверхности планеты и особенно схемы системы жизнеобеспечения (СОЖ) во многом влияют как особенности условий марсианской среды, так и концепция осуществления экспедиции в целом.

Например, существующие системы терморегулирования орбитального скафандра типа «Орлан» на поверхности Марса не будут работать, а атмосферное давление недостаточно для отказа от скафандра. Весьма сложна радиационная обстановка, большие перепады температур, сильные ветры с пылью и т.д. Кроме того, гравитация предъявляет дополнительные требования к массе скафандра.

После посадки на Марс космонавты вместо невесомости испытают силу тяжести, и хотя она не превысит 0,38 ее земного значения, их энергозатра-



Отечественный марсианский скафандр позволяет не только перемещаться по пересеченной местности (вверху), но и при необходимости становится на колени (внизу)

ты значительно возрастут.

Из опыта российской космонавтики, ВКД осуществлялось в разные периоды пребывания экипажа на борту космического аппарата: от 1 до 304 суток. Анализ выполнения работ показывает, что требуемый для ВКД уровень работоспособности может поддерживаться в течение годового полета при использовании средств профилактики неблагоприятного воздействия микрогравитации.

Повторный выход из космического корабля может проводиться с интервалом один - двое суток. При последующих выходах, вследствие приобретения навыков, повышается качество выполняемых работ, сокращается время операций, снижаются уровень энергозатрат, физическая и эмоциональная напряженность космонавтов.

Режим проведения ВКД на поверхности Марса в течение рабочего дня может состоять из двух ВКД по 4-5 ч с приемом пищи и гигиеническими процедурами в перерыве между ВКД. Это облегчит работу космонавтов.

Проект BioSuit

Во всех применяемых в настоящее время скафандрах защита организма от низкого окружающего давления обеспечивается за счет оболочки, «наддутой» вокруг тела и имеющей антропоморфную форму, близкую к телу человека. Между оболочкой скафандра и телом имеются зазоры, по которым обеспечивается вентиляция. Вследствие избыточного давления оболочка скафандра приобретает избыточную жесткость. Для этого на его оболочке предусмотрены специальные шарниры для сгибания/разгибания рук и ног.

В вузах США, в частности в Массачусетском технологическом институте проводятся исследования по разработке костюмов-скафандров, основанных на обжиме тела космонавта эластичными материалами. Проект,

получивший название BioSuit, от традиционных «пневматических» скафандров отличается меньшими размерами и массой. Предполагается, что новый костюм будет компактным и очень удобным для космонавта, исследующего далекие планеты.

Перед разработчиками BioSuit стоит большое количество проблем, которые еще предстоит решить. Это, прежде всего, выбор материалов. Например, при отсутствии зазоров между телом и костюмом и соответственно полном отсутствии вентиляции его материал должен пропускать в окружающую среду влагу и другие выделения космонавта. Такой плотно облегающий костюм будет чрезвычайно трудно надеть, поэтому подбираются материалы, сжимающиеся после надевания костюма под воздействием, например, электрического импульса. Также нет ответа, как обжимать такие области тела, как подмышечные впадины, область паха, локтевые и коленные сгибы.

Материал костюма должен иметь эластичные и легко растягиваемые зоны в местах суставов для движения рук, ног и тела, при этом, продолжая обжимать в этих растягиваемых местах, защищать тело от декомпрессии. Наиболее трудной частью такого костюма является перчатка. Не решен вопрос и о переходе от такого компрессионного костюма к шлему.

Пока у данного проекта больше трудностей, чем успехов, но участники проекта надеются на достижения в области новых материалов и биотехнологий.

Выбор концепции скафандра для экспедиции на Марс

При выборе концепции скафандра необходима его «увязка» с программой экспедиции и особенностями марсианского корабля. Необходимо также решить задачи универсальности орбитального и межпланетного скафандров, их сочетаемости с системами шлюзовой камеры, а также величины давления в корабле и в скафандре.

Очень важно знать время пребывания экспедиции на Марсе, количество циклов выхода из корабля, время и характер работы на поверхности Марса и наличие запасов расходных элементов и/или возможность их регенерации.

Должна быть разработана методика и время аварийного возврата на корабль/посадочный модуль. При этом необходимо рассмотреть следующие вопросы взаимодействия с марсоходом и варианты его использования:

- использование марсохода, его

конструктивные особенности (герметичная/негерметичная кабина, интерфейс), наличие СОЖ на нем и ее увязка с СОЖ скафандра;

- нахождение космонавта в скафандре в герметичном марсоходе (при этом выход из марсохода и отделение скафандра от его систем предусматриваются на время до 1-2 ч лишь в аварийной ситуации и для возврата на корабль);

- перемещение космонавта в скафандре в негерметичном марсоходе (с использованием СОЖ марсохода). При этом время автономной работы, как и в первом случае, может быть снижено до 1-2 ч;

- перемещение космонавта в скафандре на небольшом удалении от марсохода с периодической заменой на скафандре элементов СОЖ, хранимых на марсоходе.

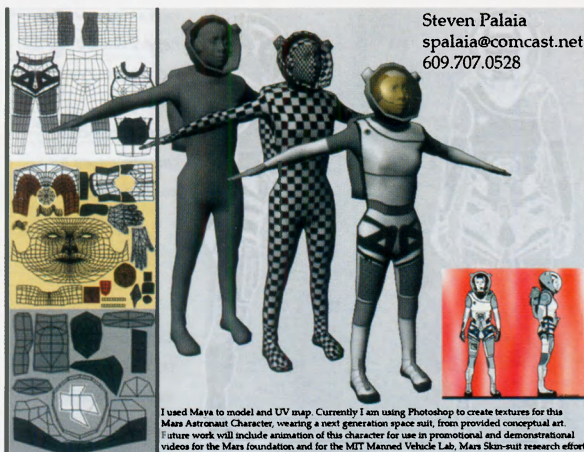
Необходимо также рассмотреть вариант автономной работы и передвижения космонавта по поверхности Марса в течение 6-7 ч, влияние гравитации и связанное с этим ограничение массы скафандра, влияние и защиту от внешних условий (атмосфера, излучения, радиация, запыленность поверхности, ветер и т.д.) и обеспечить тепловой режим при низких температурах и атмосферном давлении (теплоизоляция скафандра, тип теплообменных устройств, незапотевание иллюминатора, материалы, работающие при низкой температуре).

Весьма важной нам представляется проблема значительного облегчения массы скафандра.

Например, российский «Орлан-М», предназначенный для выхода в открытый космос, имеет массу 112 кг, а американский EMU - еще больше, что неприемлемо для марсианского скафандра. С учетом меньшей силы тяжести на Марсе масса скафандра, в котором космонавт сможет самостоятельно перемещаться по поверхности планеты, не должна превышать в наземных условиях 50-60 кг (подлежит уточнению при дальнейших исследованиях). Создание скафандра такой массой требует использования более легких материалов для его оболочки и новых принципов построения его автономной СОЖ, проведения НИР по новым технологиям.

В настоящее время как в России, так и за рубежом еще не выбраны окончательные концепции марсианской экспедиции, а также экспедиционного корабля и марсохода. Поэтому на данном этапе необходимо уделять главное внимание исследованиям элементов оболочки, конструкция которых практически не зависит от принятия той или иной концепции марсианского скафандра.

Гипотетический скафандр BioSuit



I used Maya to model and UV map. Currently I am using Photoshop to create textures for this Mars Astronaut Character, wearing a next generation space suit, from provided conceptual art. Future work will include animation of this character for use in promotional and demonstrational videos for the Mars foundation and for the MIT Mars Vehicle Lab, Mars Suits research effort

Исследования экспериментального макета оболочки марсианского скафандра

Для оценки и конструктивных решений отдельных элементов оболочки на «Звезде» на базе скафандра «Орлан» создан полноразмерный действующий макет скафандра. Одним из критериев выбора концепции макета его оболочки являлось обеспечение замены оболочки ног для оперативной доработки конструкции. Этот макет выполнен в упрощенном виде, без СОЖ и без верхней защитной одежды. Рабочее давление в нем может регулироваться в пределах 0,3–0,4 ати. Режим 0,3 ати использовался для получения сравнительных характеристик с американскими макетами планетарных скафандров.

Конструктивная схема разработанного макета отличается от «Орлана» укороченной кирасой с более широким задним входным люком, наличием поясного шарнира, обеспечивающего наклоны корпуса вперед, двухступенного бедренного и голеностопного шарниров с двумя степенями свободы, а также конструкцией ботинок и коленного шарнира.

Целями разработки макета, кроме оценки выбранной концепции оболочки марсианского скафандра, являлись: выбор оптимальных вариантов отдельных элементов подвижности оболочки; создание действующего макета скафандра, который может быть использован в наземных условиях для отработки инструмента и операций на макетах марсианских кораблей, а также для отработки передвижения на имитаторах марсианской поверхности.

При разработке макета использовали отдельные элементы и технологии орбитального скафандра «Орлан», что удешевило и ускорило его изготовление.

Голеностопные шарниры и ботинки были разработаны ранее в рамках совместной программы с фирмой «Гамильтон Сандстренд». Ботинки испытали в НАСА в 2001 г. на полигоне, имитирующем марсианскую поверхность, и получили в целом положительные отзывы. Голеностопный шарнир выполнен двухступенным с ограничением по диапазону на отведение-приведение во избежание вывихов и сверху ограничен голенным подшипником, а снизу ботинком, к которому пришивается подошва, разработанная в НИИ кожевенной промышленности.

Регулировка оболочки по длине и росту оператора на макете осуще-



ствляется за счет изменения длины рукавов (аналогично «Орлану-М») и нижней части скафандра. Общий диапазон регулировок скафандра по росту составляет 20 см, что позволяет работать в макете испытателям ростом от 168 до 188 см.

Корпус макета скафандра подходит для испытателей с обхватом груди от 98 до 112 см.

Вентиляция испытателя и поддержание избыточного давления в скафандре обеспечиваются путем подачи воздуха от внешнего источника. Естественно, что в автономном режиме такая схема СОЖ при большом времени экспериментов и высокой интенсивности физической работы не могла обеспечить достаточный теплосъем с испытателя. Поэтому в дальнейшем планируется разработать для наземных испытаний с макетом оболочки скафандра систему охлаждения. В ранце макета скафандра может быть также размещена автономная система жизнеобеспечения для испытаний в полевых условиях.

Результаты испытаний экспериментального макета марсианского скафандра

В процессе испытаний макета скафандра испытатели могут ходить как по плоской, так и по наклонной поверхности, подниматься на ступеньку, вставать на одно и оба колена, наклоняться вперед и откидываться назад, поднимать предметы с пола, вставать с пола из положения лежа на спине и на груди. При этом возможно определение диапазонов углов перемещения элементов макета скафандра.

При испытаниях было отмечено, что оболочка удобно подгоняется с помощью регулировочных лент. Кроме этого, выявилось, что для ходьбы в скафандре необходимо как можно

более точно подгонять оболочку по росту так, чтобы зона ее паха почти касалась паха испытателя. Иначе при наклонах вперед и/или в позе сидя голова испытателя уходит в шлем ниже линии визирования.

Созданный макет оболочки планетарного скафандра позволяет выполнять ходьбу не только по ровной поверхности, но и по склону в различных направлениях, а также по неровной поверхности, при этом каждый элемент оболочки ног находится в движении. Например, бедренный подшипник почти не поворачивался при подъеме ноги на угол 45° и интенсивно поворачивался при углах сгиба ноги в бедре на угол 70°.

Оценивая конструкцию корпуса и шлема, испытатели отмечали также чрезвычайно удобную процедуру входа/выхода из скафандра и хороший обзор.

При появлении болезненного давления от складок оболочки проводилась доработка конструкции соответствующего узла оболочки, а в продолжительных экспериментах испытатели отмечали недостаточное охлаждение оболочки скафандра.

Макет оболочки марсианского скафандра после соответствующей доработки вполне может быть использован в наземных условиях для предварительных исследований по перемещению на имитаторах марсианской поверхности и для оценки сочетаемости с оборудованием марсианской экспедиции (шлюзовыми камерами, средствами передвижения и т.д.).

В случае принятия решения на государственном уровне о пилотируемой экспедиции на Марс ОАО «НПП «Звезда» готово к активному участию в проекте.

**Николай МОИСЕЕВ,
Анатолий СТОКЛИЦКИЙ**

В США тоже работают над созданием марсианского скафандра