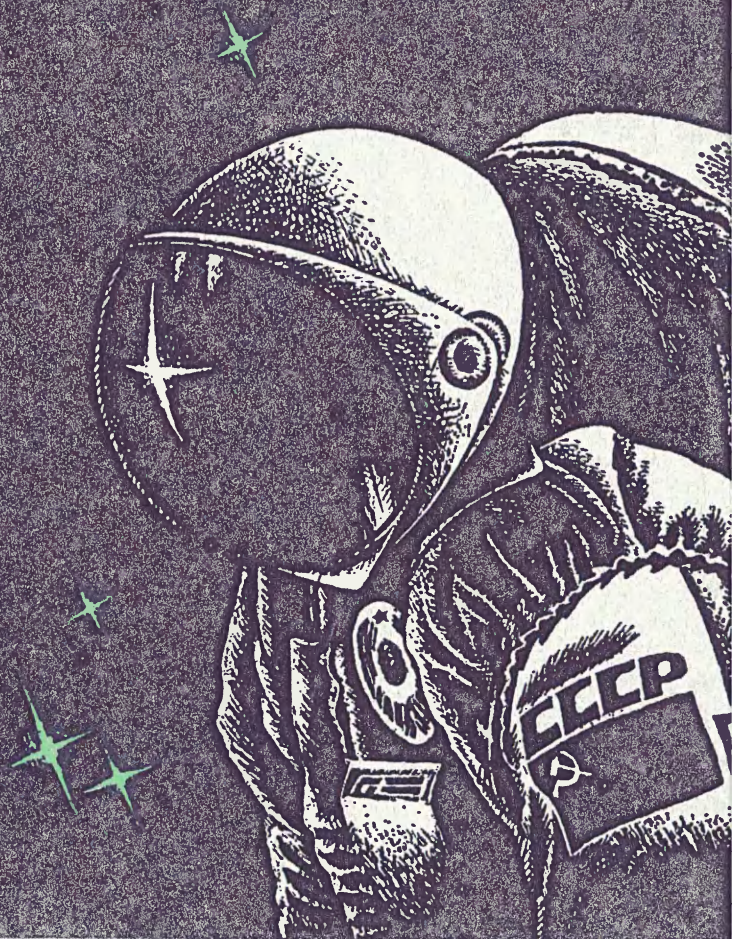




Л.С. ХАЧАТУРЬЯНЦ
Е.В. ХРУНОВ

НАУКА
И ПРОГРЕСС

Побеждающая НЕВЕСОМОСТЬ

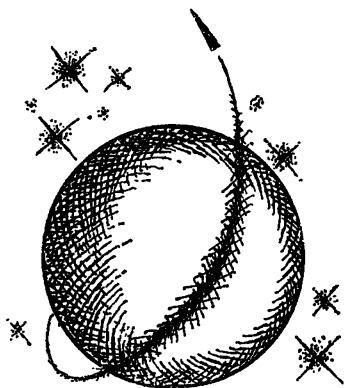




НАУКА
И ПРОГРЕСС

Л.С.Хачатурьянц
Е.В.Хрунов

Побеждающая НЕВЕСОМОСТЬ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ЗНАНИЕ»
МОСКВА 1985

X 20

Автор: ХАЧАТУРЬЯНЦ Левон Суренович — доктор медицинских наук, профессор, специалист по психофизиологии труда космонавтов;

ХРУНОВ Евгений Васильевич — летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза, кандидат технических наук.

Совместно авторами написано 25 научных работ и более 10 научно-популярных книг.

Рецензенты: Ю. М. Забродин, доктор психологических наук;
А. Г. Кузнецов, доктор медицинских наук.

Хачатурьянц Л. С., Хрунов Е. В.

Х 29 Побеждая невесомость — М.: Знание, 1985
(Наука и прогресс). — 144 с.

25 к.

72000 экз.

Авторы данной книги — специалисты в области психофизиологии труда космонавта. Они рассматривают технические и эмоциональные аспекты космических исследований, действие физических и психических факторов на организм космонавта, приводят научные данные о его труде, рассказывают о народнохозяйственном значении космоса.

Книга предназначена широкому кругу читателей.

X 3607000000-125 32-85
073(02)-85

**ББК 39.6
6Т6**

Предисловие

Как и большинство современных наук, психофизиология космического труда отличается стремительным развитием. От обеспечения 108-минутного полета Ю. А. Гагарина, когда в основном решался вопрос о возможности пребывания человека в специфических условиях космического пространства, до изучения и оптимизации жизнедеятельности больших замкнутых коллективов, более полугода работающих на борту космических станций со сложными машинными системами, — таков путь, который прошла эта наука за очень короткий срок.

Уже во втором космическом полете Г. С. Титов активно управлял космическим кораблем, и психологи изучали особенности этого управления. В процессе подготовки и осуществления полета космического корабля «Восход» возникли новые разделы научной программы, связанные с изучением эмоциональной сферы человека, его анализаторных систем, возможностей по внекабинному наблюдению, различных двигательных и поведенческих реакций.

Космонавт-оператор надежно включился в систему управления космическим кораблем, научно-исследовательской аппаратурой. И перед психологами встала новая задача — рационального распределения функций между человеком и машиной.

«Побеждая невесомость» — так авторы называли свою книгу. И они имеют на это право. Их авторский коллектив появился в результате совместной работы, когда молодой врач, будущий доктор медицинских наук, профессор, и будущий летчик-космонавт СССР, кандидат

технических наук, участвовали в подготовке к полету корабля «Восход-2», в котором А. А. Леонов (Е. В. Хрунов был дублером) должен был впервые выйти в открытое космическое пространство. В процессе подготовки полета приходилось много думать над тем, как организовать биомеханическую, новую для того времени подготовку, как математически точно рассчитать усилия, прилагаемые, например, к фалу, и т. д. Они вместе внесли много важных предложений и в программу полета кораблей «Союз-4» и «Союз-5», во время которого Е. В. Хрунов, тоже впервые, перешел из корабля в корабль через открытое космическое пространство.

После этого полета содружество этих авторов продолжает крепнуть. Ставятся сложнейшие эксперименты по изучению эмоциональной сферы человека, особенностей деятельности космонавта в аварийных ситуациях, разрабатываются методы коррекции психического состояния космонавта в полете, помогающие ему выполнять все усложняющиеся научные и народнохозяйственные задачи. Им принадлежит ряд изобретений. Л. С. Хачатурьянцем и Е. В. Хруновым написано много научных трудов и монографий. Их перу принадлежит несколько научно-популярных книг.

Авторы принимают активное участие в пропаганде достижений своей науки, психофизиологии труда космонавта, часто выступают перед молодежью, а в последнее время опубликовали три научно-фантастические повести, в которых, как бы заглядывая вперед, пытаются дать прогноз развития этой науки, показать, какие вопросы будут решать в ближайшие десятилетия психологи и психофизиологи, врачи и инженеры, методисты и космонавты.

Данная книга была отобрана для публикации на Всесоюзном конкурсе «Наука и прогресс», проведенном издательством «Знание» в 1979 году. Хотелось бы отметить некоторые особенности этой книги.

Читатели получают информацию, как говорят, из первых рук: космонавт рассказывает о полете, психофизиолог о сложном эксперименте, которые они осуществляли сами.

Разделы книги охватывают все этапы полета — активный участок, полет по орбите, выход космонавта в открытый космос. В последнем разделе рассказано

о перспективах развития психофизиологии труда космонавта.

Мне кажется, что эту книгу с большим интересом прочтет и специалист в области космонавтики, и преподаватель, и школьник, мечтающий о романтической для него профессии космонавта, и, наконец, любой любознательный человек, который каждый раз с волнением слушает слова диктора: «...с космодрома Байконур стартовал космический пилотируемый корабль...».

В научно-популярном издании, как известно, не принято обсуждать механизмы происхождения того или иного явления, приводить графики и таблицы. Поэтому для более глубокого изучения вопросов, популярно освещаемых в настоящей книге, можно рекомендовать некоторые издания тех же авторов: «Человек-оператор в космическом полете». М., Машиностроение, 1974; «Экспериментальная психофизиология в космических исследованиях». М., Наука, 1976; «Деятельность космонавта в полете и повышение ее эффективности». М., Машиностроение, 1981 и некоторые другие.

В заключение отмечу, что авторы, поставив перед собой нелегкую задачу — в небольшой по объему книге в научно-популярной форме рассказать широкому кругу читателей об успехах новой, быстро развивающейся науки — психофизиологии труда космонавта, — на мой взгляд, успешно с ней справились.

*Б. Ф. ЛОМОВ,
член-корреспондент АН СССР, профессор*

От авторов

В этой книге мы попытались соединить ряд направлений, которые по своей сущности, казалось бы, не подлежат воссоединению: эмоциональные аспекты космических исследований, действие физических и психических факторов на организм космонавта, научные данные о его труде, народнохозяйственное значение космоса. Все эти направления в нашей книге условно объединены одной дисциплиной — психофизиологией труда космонавта, которая с помощью психологических и физиологических методов изучает особенности труда человека.

Читатель может подумать, что книга наша специальная, что-то вроде учебника или монографии.

Но это не так. Дело в том, что психофизиология труда космонавта перестала быть достоянием узкого круга научных работников. В настоящее время результатами ее исследований интересуются различные специалисты, да и просто любознательные люди. И это вполне понятно. Ведь без учета данных психофизиологии, получаемых в экспериментальных и реальных условиях, невозможно даже сконструировать космический корабль, станцию и всю космическую систему в целом. Только глубокий анализ психофизиологических показателей, полученных в реальных полетах и в условиях, их моделирующих, позволит сформировать экипаж, предъявить ему посильные требования, рационально распределить функции между человеком и автоматом, правильно спланировать чередование труда и отдыха космонавта и решить ряд других проблем.

Космический полет еще долго будет оставаться уникальным экспериментом. Особенности космических усло-

вий, специфика деятельности космонавта и целого экипажа еще долго будут служить своеобразным научным полигоном для развития психофизиологии и других смежных дисциплин. Именно космос позволяет исследовать человеческие возможности в таких необычных условиях, как невесомость.

Нигде, кроме как в условиях космоса, нельзя достичь абсолютного вакуума. Только из космоса можно наблюдать и фиксировать ряд явлений, которые происходят на нашей планете. Например, именно исследования из космоса позволили разрешить древнейший спор о форме нашей планеты, доказать, что «божественная Гея» — не шар, не эллипсоид, а имеет свою, только ей присущую форму — геоид.

В книге разбираются основные факторы космического пространства, которые действуют на организм человека и от которых его надо защищать. Авторы рассматривают некоторые элементы деятельности космонавта на активных участках, в орбитальном полете. Отдельная глава посвящена выходу космонавта в открытый космос и работе вне корабля.

Условия работы в космосе необычны и очень тяжелы. Как бы ни была надежна техника, как бы ни был хорошо подготовлен экипаж, вероятность усложнения полета, появление аварийных ситуаций вполне реальны. А ведь именно в этих условиях наиболее ярко проявляются психофизиологические резервы человека. Об этом авторы рассказывают на примерах полетов советских и американских космических экипажей.

Есть еще люди, которые сомневаются в целесообразности космических исследований, их рентабельности. Но хорошо известно, что проникновение человека в космос способствует развитию таких отраслей, как связь, геодезия, навигация, океанография, гидрология, и др., приносит большую пользу народному хозяйству. «Космонавтика,— говорил академик С. П. Королев,— имеет безграничное будущее, и ее перспективы беспредельны, как сама Вселенная».

Первые эксперименты

...Моей любимой мечтой в самом раннем детстве, еще до книг, было смутное сознание о среде без тяжести, где движение во все стороны совершенно свободное и где лучше, чем птице в воздухе.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

Полет был многовековой мечтой человека. Эта завста-ная мечта породила легенды о Дедале и Икаре, при-шедшие к нам из древнегреческой мифологии, легенды об искусном механике и его сыне, об их полете на крыльях, сделанных из перьев и скрепленных воском. С детских лет нам знакомы сказки о ковре-самолете и семимильных сапогах, многочисленные фантастические, научно-фантастические проскты.

И эта извечная мечта человечества начала осу-ществляться в России. В 1882 году нашим соотечественни-ком, русским ученым и инженером был сконструирован и построен первый самолет. Он оторвался от Земли, и его непродолжительный полет стал предвестником важ-нейших открытий и научных побед в авиации, а затем и проникновения человека в космическое пространство.

Освоение космоса — одно из достижений современ-ного научно-технического прогресса. Это очередная побе-да человека, его творческого поиска. К ней, к этой побе-де, шли ученые разных стран и разных научных направ-лений.

Все хорошо знают, что эпоха освоения космического пространства открылась 4 октября 1957 года. Первый в мире искусственный спутник Земли. Вес 83,6 кг. Через месяц, 3 ноября 1957 года, — второй спутник Земли с пассажиром — собакой Лайкой, вес 508,3 кг. Через полгода, 15 мая 1958 года, в космос запущен третий спутник. Автоматические разведчики космоса станови-лись повседневностью.

К. Э. Циолковский когда-то писал: «Первый великий шаг человечества состоит в том, чтобы вылететь за

атмосферу и сделаться спутником Земли». Советский человек готовился к решающему штурму космоса. Работали медики, методисты, инженеры, организован новый уникальный институт — Центр подготовки космонавтов, впоследствии получивший имя Юрия Алексеевича Гагарина.

Накопленный опыт, научные материалы, полученные при запусках беспилотных спутников Земли, сама логика космического полета и тот дефицит информации о характере воздействия на живой организм факторов полета, который имелся в то время, заставили специалистов прийти к двум обоснованным выводам:

первый космический полет должен выполнить абсолютно здоровый человек, устойчивый к воздействию различных неблагоприятных, опасных для организма факторов, которые могут встретиться в полете;

этим человеком должен быть летчик, и именно летчик-истребитель, имеющий достаточный опыт полетов на самолетах реактивной авиации, любящий летать. То есть полет должен выполнить абсолютно здоровый летчик-истребитель.

Развитие космонавтики потребовало активного творческого труда специалистов-психофизиологов.

Еще в период зарождения и развития авиации психофизиология, в том числе и ее экспериментальный метод, полностью сложилась в самостоятельный раздел науки.

История приложения психофизиологии к изучению человека в условиях полета начинается с первого в мире полета, совершенного Я. Д. Захаровым на воздушном шаре в 1804 году. В этом полете проводились физические и физиологические, а также отдельные психологические исследования.

Русский ученый М. А. Рыкачев, помимо физических явлений, изучал возможности видимости и слышимости в полете и в 1882 году впервые описал личные качества, необходимые воздухоплавателю.

Ко времени зарождения авиации физиологи располагали рядом научных фактов, дававших представление о среде, в которой придется функционировать летчику, о влиянии на организм пониженного атмосферного давления, ускорений и т. д. Эти данные послужили той базой, на которой впоследствии развилась новая отрасль медицины — авиационная медицина. В первых полетах

на самолетах, в то время еще несовершенных, с малыми скоростями, низким потолком и простым управлением, к состоянию здоровья летчика, по всей видимости, предъявлялись относительно невысокие требования. С усложнением условий полета требования к организму пилотов возрастают. В 1909 году Совет русского аэроклуба принимает решение о том, что желающие совершать полеты на самолетах должны пройти специальное медицинское освидетельствование. Появляются конкретные научные исследования, в которых разрабатывается система мероприятий по защите организма летчика от воздействующих факторов полета.

В 1912 году были изучены влияние эволюций летательного аппарата в воздухе на летчика и реакции его организма на различные режимы полета.

Усложнение управления самолетом и его системами показало, что человек, не прошедший специального отбора и необходимой подготовки, не всегда может справиться с поставленными задачами. Русские врачи первыми поняли причину этого факта и заложили основы психофизиологического направления в авиационных исследованиях.

В дальнейшем по мере развития авиационной техники задачи психофизиологических исследований расширились. Разрабатываются вопросы профессионального отбора (В. В. Абрамов, Н. М. Добротворский, В. А. Горовой-Шалтан и др.), необходимости учета человеческих возможностей при конструировании летательных аппаратов (Д. И. Менделеев, Н. А. Арендт, С. П. Мунт), а позднее средства и методы защиты человека от неблагоприятного воздействия различных факторов при полете.

В июне 1921 года на IV Всероссийском съезде воздушного флота первый советский авиаврач С. Е. Минц выступил с докладом об охране труда и здоровья летчиков.

Длительные и сложные перелеты советских летчиков ставят перед авиационными врачами конкретные профессиональные задачи: проблема утомляемости летного состава, режим его труда и отдыха, достижение оптимального внекабинного обзора, организация деятельности при выполнении различных заданий и т. д.

В 1924 году во всех авиационных школах создаются психофизиологические лаборатории, работой которых

руководила Центральная психофизиологическая лаборатория.

Становление авиационной медицины в эти годы проанализировано в монографии старейшего авиационного врача А. А. Сергеева, и поэтому мы остановимся лишь на тех фактах, которые связаны с развитием советской авиационной психофизиологии.

В конце 20-х годов в Военно-воздушной академии им. Е. А. Жуковского Н. М. Добротворский начал читать курс лекций по основным проблемам авиационной медицины. В 1930 году он подготовил первое руководство по авиационной медицине. Само название работы — «Летный труд» — показывает психофизиологическую направленность его исследований. Впервые был подробно разработан характер летно-трудовых процессов летчиков, летчиков-наблюдателей и даны рекомендации по особенностям работы авиаврача и ее организации.

Авиационные медики и психологи рассматривали и другие проблемы, требующие своего решения на основе специальных психологических исследований. Первостепенное значение придавалось изучению особенностей летных навыков (Е. В. Руднев, Н. А. Яцук), осматрительности и ориентировке в полете (М. А. Рыкачев, Е. Д. Карамышев, А. Ф. Пруссис).

В 1935 году были организованы Институт авиационной медицины, отделы авиационной медицины при управлении ВВС и введены должности флагманских врачей ВВС. С этого времени проводятся систематические исследования, решающие актуальные задачи медицинского и психофизиологического обеспечения сложнейших полетов.

Вместе с тем в развитии авиации наступает момент, когда барьером на пути ее дальнейшего прогресса становятся психофизиологические возможности человека. Специфические колебания надежности в сложной системе «человек—самолет» затрудняли решение одной из актуальных задач — спасение летчика при сверхзвуковых полетах. Проблемы катапультирования изучает профессор П. К. Исаков с сотрудниками. Сложные полеты для изучения структуры деятельности пилота проводит один из первых врачей-летчиков В. А. Попов. Группа научных сотрудников (Б. М. Пиковский, Ю. А. Петров, Е. М. Юганов, Е. А. Карпов и др.) изучает особенности деятельности по управлению самолетом и

влияние на эту деятельность неблагоприятных факторов полета. (Впоследствии врач-психофизиолог Е. А. Карпов стал первым начальником Центра подготовки космонавтов СССР.) Поведенческие реакции летчика в аварийных ситуациях исследуют В. А. Пономаренко и Н. Д. Завалова.

Технические характеристики современных самолетов становятся настолько высокими, что комплекс факторов, воздействующих в полете, нередко граничит с пределами физиологической выносливости человека. На данном этапе развития авиационной психологии центральной становится проблема работоспособности летчика в полете. Понятно, что решение специальных вопросов авиационной психологии во многом определялось общим уровнем развития психологической науки и ее специальных направлений (инженерной психологии, психологии труда, экспериментальной психологии и т. д.).

Как известно, первыми в космос вышли летчики, летчики-истребители. И поэтому космическая медицина опиралась на научные факты и обобщения, полученные при изучении психофизиологических особенностей деятельности летчика при полетах на самолетах, а также на достижения психофизиологии в целом.

Однако становление экспериментальной психофизиологии космического труда проходило иначе, чем авиационной психофизиологии. Еще не был запущен первый искусственный спутник Земли, а группы врачей-энтузиастов уже начали проводить специальные работы, направленные на обеспечение полета человека в космос. Пионерами этого направления были крупные советские ученые В. И. Яздовский, О. Г. Газенко, А. М. Генин, А. Д. Серяпин, П. К. Исаков, И. И. Касьян, В. Б. Малкин и другие.

В 1951 году группа врачей подготовила серию полетов собак на ракетах. В 1951—1952 годах было запущено шесть ракет. Воздействие таких факторов космического полета, как перегрузки, невесомость, первыми начали изучать В. И. Яздовский, А. Д. Серяпин, В. И. Попов. На высоте 100,9 км у животных регистрировались частота сердечных сокращений, кровяное давление, частота дыхания, изучались также поведенческие реакции собак, велась киносъемка, фиксирующая их движения.

Далее с развитием ракетной техники возникают вопросы спасения космонавта на взлете и посадке. Было проведено несколько опытных полетов с животными. В головную часть ракеты монтировались две катапультные тележки, в каждой из которых находилась собака в скафандре с системой жизнеобеспечения. Когда ракета достигала высоты 85—94 км, от нее отделялась кабина и одна из собак катапультировалась. До четырехкилометровой высоты собака находилась в свободном падении, и лишь затем открывался парашют.

Медико-биологические исследования при высотных полетах ракет проводили О. Г. Газенко, А. М. Генин, А. Р. Котовская и другие.

1956 год. Запуск собаки на высоту 450 км. 4 октября 1957 года первый искусственный спутник Земли оповестил мир о начале космической эры. Готовят к орбитальному полету Лайку. В то же время к штурму космоса готовится и человек.

1959 год. На совещании Академии наук СССР было принято решение о том, что родоначальником новой профессии космонавта должен стать летчик.

Первичный отбор кандидатов в космонавты в летных частях проводили врачи. Они знакомились с летными и медицинскими документами летчиков, беседовали с ними и принимали решения о годности того или иного кандидата. Все понимали, что отбор должен быть очень строгим — ведь отбирались кандидаты для совершенно новой профессии, и им придется работать в среде, действие которой на организм не полностью изучено. Комиссия отбирала людей для первого космического полета, и его результаты должны были дать ответ на вопрос: сможет ли человек жить и работать в космосе.

Прошло немного времени, и 7 октября 1959 года отобранные летчики прибыли в авиационный госпиталь для прохождения клинического обследования, проведения функциональных проб: центрифуга, подъемы в барокамере на 6, 14 и 15 тыс. м и других исследований. Обычно в госпиталь прибывали группы по 30 человек. Но после строжайшего обследования оставались единицы. Например, из группы, в составе которой находился космонавт В. В. Горбатко, были признаны годными семь человек, а из тридцати кандидатов, среди которых был один из авторов этой книги, остался он один.

Все понимали, что обучение и подготовка космонав-

тов — проблема новая и очень сложная. Потребуется специальные тренажеры, стенды, лаборатории, база для физических занятий. Центр подготовки космонавтов, Звездный городок, было решено разместить в Подмоскowie, недалеко от научных и культурных центров, чтобы космонавты могли, когда это будет необходимо, посещать научные институты, ходить в музеи, театры, библиотеки.

В шестидесятом году на месте Звездного был сплошной лес. На одной из полян стоял небольшой двухэтажный домик. В нем и началась подготовка к первому космическому полету.

Постепенно сложилась и система подготовки космонавта, включающая несколько направлений:

1. Профессиональная подготовка космонавта как оператора. В результате ее космонавт должен освоить основные функции при пилотировании космического корабля того или иного типа. Именно этот вид подготовки, на наш взгляд, позволил выделить новую профессию, известную под названием «летчик-космонавт».

2. Специальная физическая подготовка, в результате которой организм космонавта должен приспособиться к действию специфических факторов космического полета (перегрузкам, невесомости и т. д.).

3. Специальная подготовка. Она определяется теми задачами, которые ставятся в конкретном космическом полете (геологическая подготовка, медицинская, астрономическая и т. д.).

4. Общефизическая подготовка, повышающая неспецифическую устойчивость всех систем организма к факторам космического полета, а также к явлениям в послеполетный период.

5. Психологическая подготовка, включающая комплекс мероприятий и специальных тренировок, направленных на повышение эмоционально-волевой устойчивости космонавта при осложнениях полета или же при возникновении аварийных ситуаций, и дающая возможность управлять своим психическим состоянием.

Только ли невесомость?

Мы можем достигнуть завоевания Солнечной системы очень доступной тактикой. Решим сначала легчайшую задачу: устроим эфирное поселение поблизости Земли в качестве ее спутника.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

Чтобы познакомить читателя с факторами, действующими на человека в полете, рассказать о тех опасностях, видимых и замаскированных, которые окружают космонавта в космическом пространстве, целесообразно разделить эти факторы на две основные группы: физические факторы полета и различного рода психические воздействия, сопровождающие полет и профессиональную деятельность космонавта. Конечно, деление это условно, мы его используем лишь для простоты изложения.

Итак, физические факторы. Их можно сгруппировать с большей степенью детализации. Во-первых, это факторы собственно космического пространства. Во-вторых, физические условия среды обитания в замкнутом пространстве космического корабля. И в-третьих, физические условия, или шумы, связанные с динамикой космического полета.

Основными физическими факторами открытого космического пространства, опасными для организма человека, являются: глубокий вакуум, микрометеориты, ионизирующая радиация, солнечное излучение.

Вакуум — наиболее опасный для человека фактор в открытом космосе, к тому же действующий наиболее быстро. В условиях вакуума человек теряет сознание и через 5—7 с гибнет от «вскипания» крови и эмболии. Защита от воздействия вакуума обеспечивается с помощью специальных скафандров, в которых создаются необходимые общее давление газа и парциальное давление кислорода. Чтобы избежать декомпрессионных расстройств при переходе космонавта из кос-

мического корабля в скафандр, в скафандре поддерживается такая же газовая среда, как и в космическом корабле. При этом предпочтительнее использовать жесткие скафандры, способные выдержать большое внутреннее давление газа, но не ухудшающие условия двигательной деятельности космонавта.

Метеориты. В околоземном, межпланетном и межзвездном пространстве находится значительное количество метеоритной материи. Ее плотность, т. е. количество метеорных тел, приходящихся на единицу объема космического пространства, непостоянна и изменяется по времени в связи с движением Земли вокруг Солнца.

В момент прохождения Земли через метеорные потоки, обращающиеся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, плотность метеорных тел может резко возрасти. Тем не менее эксперименты показывают, что и в этих случаях вероятность встречи космонавта с крупными метеоритами чрезвычайно мала, практически равна нулю.

Однако для космонавта, работающего вне корабля, должна быть предусмотрена определенная защита. Причем, чем больше времени он должен находиться вне космического корабля, тем надежнее должна быть противометеоритная защита скафандра.

Менее опасны метеориты для космонавта, находящегося в космическом корабле. Статистические расчеты показывают, что встречи с крупными метеоритами, которые в состоянии повредить космический корабль, весьма редки: с метеоритом диаметром 4 мм на площади 90 м² — одна за 250 000 лет, а с метеоритом 0,6 мм — одна за 20 лет. Об этом писал еще К. Э. Цюлковский. Критикуя популярную в то время гипотезу Мейера, полагавшего, что энергия Солнца поддерживается кинетической энергией падающих на его поверхность метеоритов, и используя метод доказательства от противного, Цюлковский писал, что если бы Мейер был прав, то фиксировалось бы очень частое падение метеоритов и не только на Солнце, но и на Землю. По расчетам К. Э. Цюлковского, данный вывод совершенно не согласуется с наблюдениями.

Космическая, или ионизирующая, радиация — один из самых опасных факторов, действующих на человека в открытом космосе. Она включает три компонента: частицы, составляющие околоземные зоны радиации;

частицы, возникающие при хромосферных вспышках на Солнце; первичные космические лучи.

Средний пояс радиации расположен на высоте от 7000 до 40 000 км. Он имеет два максимума, находящихся на высотах 10 000 и 17 000 км. Излучение состоит в основном из электронов с энергией от единиц килоэлектронвольт до нескольких мегаэлектронвольт. Энергия протонов в этих максимумах приближается к 60 МэВ, однако интенсивность их мала. Защита от излучения среднего радиационного пояса проще, чем от протонов внутреннего пояса. Однако ряд авторов обращают внимание на необходимость защиты от вторичного излучения, возникающего при воздействии электронов с веществом защитного слоя.

Излучение наиболее удаленного третьего пояса радиации состоит из электронов малой энергии, защита от которых не представляет особых трудностей.

Ионизирующее излучение Солнца, возникающее при хромосферных вспышках высокой интенсивности, на 90% состоит из протонов с энергиями от нескольких мегаэлектронвольт до 1000 МэВ и на 10% — из альфа-частиц (ядра гелия). Во время вспышек на Солнце интенсивность излучения в космическом пространстве может возрасти в тысячи и десятки тысяч раз. На околоземных орбитах (200—300 км) вследствие экранирующего влияния магнитного поля Земли это излучение на два порядка меньше, однако и в этом случае доза радиации от одной вспышки представляет непосредственную опасность для здоровья и жизни человека. В открытом космосе эффективная защита человека от этого излучения пока практически невозможна из-за большого веса защитного материала. Например, толщина свинцовой защиты должна составить 2—3 см. Поэтому большое значение имеют исследования, которые позволили бы прогнозировать «солнечные вспышки».

Первичное космическое излучение представляет собой поток ядер различных химических элементов. Из них 98% — ядра водорода и гелия и 2% — более тяжелые ядра.

Еще одним фактором открытого космического пространства, способным вредно влиять на организм человека и поэтому требующим применения защитных средств, является лучистая энергия Солнца. Из-за отсутствия защитного действия атмосферы состав этого излучения

в открытом космосе существенно отличается от его состава у поверхности Земли. Лучистая энергия, заполняющая околосолнечное космическое пространство, охватывает весь диапазон электромагнитного спектра, начиная от длинноволновых радиоволн, включая инфракрасные, видимые и ультрафиолетовые лучи, и простирается в область рентгеновских лучей и гамма-лучей.

Атмосфера Земли прозрачна лишь для узкого участка названного спектра. К излучениям этого участка человек отлично приспособлен. Остальные излучения, включая и радиоволны, оказывают на человека то или иное вредное воздействие, определяемое частотой излучения и его интенсивностью. Однако длинноволновое излучение в космосе, в том числе радиоволны, вплоть до инфракрасных и тепловых лучей имеет низкую интенсивность и не имеет биологического значения.

Из всего сказанного можно сделать вывод: чтобы защитить человека от воздействия собственно космического пространства, нужна обычная физическая преграда. Такой преградой является скафандр, полетная экипировка космонавта, имеющая ряд конструктивных особенностей.

Следующая группа физических факторов связана с физико-химическими условиями среды обитания герметических отсеков кораблей и станций, скафандра, планетарных лабораторий. В нормальных условиях работы параметры этих помещений поддерживаются на обычных, привычных для человека уровнях. Однако при некоторых авариях или отказах техники они изменяются и могут влиять на работоспособность космонавта, его здоровье и даже угрожать его жизни. К этим факторам относятся снижение содержания кислорода в атмосфере кабины (гипоксия), накапливание в ней (до 2—3% и выше) углекислого газа (гиперкапния), повышение или снижение температуры (гипергипотермия), изменение шумового фактора, освещения и т. д.

Основные причины наступления гипоксии в условиях космического полета могут быть связаны с частичной разгерметизацией космического объекта или же с нарушениями в системах его жизнеобеспечения. И в том и в другом случае падение содержания кислорода во вдыхаемом воздухе происходит плавно, и поэтому симптомы влияния этого фактора на состояние организма ощущаются не сразу.

Однако в аварийных ситуациях скорость падения содержания кислорода во вдыхаемом воздухе может резко возрасти.

По данным американских авторов, при аварийной разгерметизации космического корабля экипаж в зависимости от скорости утечки газовой среды будет иметь в своем распоряжении от нескольких секунд до нескольких часов. За этот период и должны быть приняты соответствующие защитные меры (ремонт, заделка пробоины, надевание скафандра и т. д.).

Если же корабль получил большую пробоину и атмосфера корабля за 10—12 с испаряется в безграничном космосе, экипаж вряд ли сможет воспользоваться спасательными средствами. Последствия «взрывной декомпрессии» (так называется мгновенный перепад давления внутри объекта) можно снять лишь в том случае, если экипаж находится в скафандрах с подключенной через автомат системой жизнеобеспечения. Резкое падение давления внутри корабля фиксируется датчиками, они включают герметизацию и поддув скафандра, выравнивая или почти выравнивая разницу между давлением внутри корабля и в подскафандровом пространстве. Но в полете нельзя все время находиться в скафандре. Его надевают лишь в аварийных ситуациях. Аварийные ситуации случаются редко. Чаще бывает незначительная утечка кислорода. Поэтому при экспериментальных исследованиях большое значение имеет изучение пороговых (небольших) изменений содержания кислорода во вдыхаемом воздухе и их влияния на качество деятельности космических экипажей.

В макете космического корабля типа «Восход» были организованы и проведены три серии экспериментов. В первой серии содержание кислорода оставалось в норме на всем протяжении моделирования 20-суточного полета, во второй серии эксперимента на 10-е сутки содержание кислорода было резко, скачкообразно снижено и на этом уровне поддерживалось около двух суток. Затем атмосфера нормализовалась и испытатели продолжали «полет» в обычных условиях. В третьей серии уменьшение парциального давления кислорода до тех же величин проводили плавно и более длительно (в течение четырех суток на 12—16-е сутки). Во всех случаях за состоянием испытуемых велся строгий медико-психологический контроль.

Как и следовало ожидать, в первой серии экспериментов каких-либо изменений в состоянии операторов не наблюдалось. Во второй — при резком нарушении комфортных условий микроклимата кабины были отмечены изменения компенсаторно-приспособительного характера в ритме работы сердца, дыхания, направленные на сохранение в организме кислородного баланса (учащение дыхания, увеличение числа сердцебиений и т. д.). Нарушилась физическая сила, резко изменились сложные интегративные функции мозга: различительная, экстраполяционная, вычислительная.

При постепенном снижении содержания кислорода в сердечно-сосудистой и дыхательной системах видимых изменений не наблюдалось, уровень мышечной силы не снижался. Однако все сложные реакции мозга теряли надежность. Показатели наиболее сложной функции — экстраполирования начали ухудшаться через несколько часов после начала падения содержания кислорода в кабине, реакции преследующего слежения — на вторые сутки воздействия.

После подобных экспериментов можно разработать рекомендации экипажу по ликвидации аварийной ситуации. Советы с Земли должны быть лаконичны, по каждой операции отдельно (реакция экстраполяции снижена); можно полностью рассчитывать на физическую силу человека, простые реакции, реакции с выбором, которые не претерпевали изменения в ходе эксперимента, на слух, зрение испытуемого и частично на такие реакции, как реакция слежения.

Проблема гиперкапнии также достаточно хорошо изучена и имеет определенное отношение к исследованию психофизиологии труда специалистов, работающих в условиях замкнутых кабин и помещений. Актуальна эта проблема и в авиационной и космической медицине. Дело в том, что при интенсивной эмоционально окрашенной деятельности (при обучении курсантов, освоении новых типов летательных аппаратов и т. д.) в подшлемном пространстве некоторых типов гермошлемов накапливается до 2—3% углекислого газа. Кроме того, при снижении надежности функционирования систем регенерации атмосферы и в помещении может накапливаться углекислый газ в количествах, превышающих действующие нормы. Во время управления кораблем космонавт точно отслеживает заданный сигнал по

командному прибору. Накапливается CO_2 — и ухудшается качество управления кораблем: на 30-й минуте — в 1,5 раза, на 60-й — в 2 раза.

Не имея полной информации о реальной среде функционирования космонавта, ученые должны были защитить его от воздействия различных факторов, в том числе и температурных. При подготовке к полету экипажей первых пилотируемых космических кораблей большое внимание уделялось их тренировке на температурные нагрузки. Изменение температуры в кабине космического корабля следовало ожидать, хотя и на непродолжительное время: перед приземлением, во время торможения и вхождения в плотные слои атмосферы, во время длительных автономных выходов в открытый космос и на планеты. Поэтому в настоящее время из системы подготовки космонавтов исключены длительные тренировки в условиях повышенной температуры — свое дело сделает теплозащита. Но проблема сохранения работоспособности в этих условиях остается, особенно для аварийных ситуаций, когда необходима высокая работоспособность.

Хотя в настоящее время система охлаждения летательных аппаратов способна поддерживать температуру воздуха в кабине в пределах нормальных величин, однако нельзя исключать аварийную ситуацию, когда может значительно повыситься температура стен и воздуха кабины. Известно, что во время полетов американских астронавтов Карпентера, Ширра и в некоторых других полетах температура воздуха в капсуле повышалась до 60° в основном из-за нарушения в работе охлаждающей системы. Опасное для здоровья экипажа аварийное состояние, грозящее срывом программы полета, было зарегистрировано при полете орбитальной пилотируемой станции «Скайлэб».

Во время пребывания станции «Скайлэб» на орбите телеметрия показала нарушение в системе ее терморегулирования. Температура внутри станции поднялась выше 50° , а на внутренних стенках — еще больше.

Эти нарушения возникли в результате крупной аварии. Энергии не хватало. Температура нагреваемой солнцем станции росла. Необходимо было укрыться от солнечных лучей, и это было сделано: установлен искусственный, доставленный с Земли экран.

Во время полета космического корабля «Джеми-

ли-11» второй пилот Ричард Гордон, работая на обшивке корабля, жаловался на резкую усталость, которая сказывалась на качестве выполнения задания. В момент выхода средняя частота пульса у него составляла 162 удара, пиковая — 180. Причина, как считают специалисты, заключалась в дефиците тепловыделения, которое во время выхода Гордона равнялось 900 ккал/ч, тогда как средства охлаждения системы жизнеобеспечения были рассчитаны на тепловые нагрузки до 500 ккал/ч. Гордон сильно потел, пот заливал ему глаза и мешал смотреть. Выход прервали, программа не была выполнена. В открытом космосе Гордон находился 44 мин вместо планируемых 107 мин.

В полете космического корабля «Джемини-9» во время выхода из корабля для работы в открытом космосе у второго пилота Юджина Сернана также из-за дефицита теплосъема запотевали стекла гермошлема, что послужило одной из причин отмены эксперимента с установкой автономного индивидуального передвижения.

Таких примеров можно привести много, а следовательно, снимать с повестки дня экспериментальные исследования влияния гипертермии на организм космонавта и его работоспособность преждевременно.

Эксперименты необходимы, потому что нужно точно знать, сможет ли экипаж работать в условиях повышенной температуры.

Наши исследования показали, что при температуре воздуха в макете корабля 30° и влажности 80% коэффициент надежности резко изменяется по сравнению с обычным. Температура поднимается выше 36° при той же влажности — время продуктивной операторской деятельности меньше, около 1 ч. При температуре 40° и влажности 80% человек не может выполнять операции по управлению кораблем, в этих условиях у него не вырабатывается динамический, вероятностный стереотип.

Испытания в термобарокамерах показали, что сочетание высокой влажности и температуры резко снижает работоспособность человека-оператора. Высокие температуры больше всего сказываются на деятельности, связанной с вероятностной оценкой предъявленных раздражителей, хранением в памяти заданной информационной структуры раздражителей и приемом решений, на видах работ, наиболее значимых для управления кораблем и его системами.

Акустический шум. Основным источником акустического шума в космическом полете является работа двигательных систем корабля и вспомогательных устройств систем жизнеобеспечения. При взлете шум генерируется двигательными системами, и его величина повышается пропорционально увеличению тяги двигателей. По спектру шум ракетных двигателей носит беспорядочный и непрерывный характер. Он достигает кабины экипажа и воздушным путем, и через жесткие конструкции корабля, теряя при этом свою интенсивность в зависимости от условий защиты.

Так, например, в космической системе «Аполлон» потери в интенсивности при передаче шума настолько незначительны, что внешние уровни в местах расположения экипажа уменьшаются со 150 до 120—125 дБ. Это во время взлета, а в обычных условиях его уровень не намного превышает нормальный и составляет 65—70 дБ. При этом шум имеет постоянный, монотонный характер. Поэтому психофизиологи труда космонавта рассматривают проблему шума в двух направлениях. Первое более традиционно для ряда земных профессий: влияние шума на физиологические функции организма, состояние слухового анализатора, его работоспособность. И второе, которое возникло в период длительных космических полетов, в период подготовки межпланетных перелетов,— исследование проблемы дефицита шума, как это ни парадоксально.

Для изучения шумовой вредности мы сравнивали воздействие на оперативную работоспособность «белого шума» интенсивностью 102—104 и 118—120 дБ. Замечено, что время оперативной продуктивной (без отказов и ошибок) деятельности оператора сокращается в 2—3 раза. Кроме этого, воспринимаемый шум вызывает возбуждение во всех звеньях слухового анализатора, в том числе и в слуховой области коры. Возникающее индукционное торможение может охватить зрительную, двигательную и другие отделы коры с вытекающими отсюда последствиями. Теряется работоспособность и этих анализаторов. Поэтому в дальнейшем было важно проследить особенности оперативной деятельности человека под воздействием шумов разной интенсивности. Так, при воздействии шума интенсивностью 104 дБ через 3 ч после начала опыта коэффициент надежности уже не определяется. Однако 20-минутная адаптация к тишине

после воздействия шума восстанавливает этот коэффициент, правда, на очень низком уровне. При воздействии шума интенсивностью 118—120 дБ восстановления в ходе эксперимента не наблюдается. Человек не может решать оперативные задачи.

Конкретных исследований дефицита шума и его использования в качестве стимулирующего фактора почти не проводилось. Здесь имеются лишь некоторые теоретические предположения. Однако это тоже немаловажная проблема. Приведем дневниковую запись одного из авторов во время полета: «По распорядку сон. Но спать не хочется, тянет к чудесному окну-иллюминатору; наблюдаю Землю, нашу родную Землю. А тишина-то какая! К моторным шумам привыкли, до сеанса радиосвязи далеко, хоть бы половица скрипнула или же гудок автомобиля,— невозможно. Потихоньку стучу ручкой по стеклу, шум — приятно». Или же запись А. Г. Николаева во время 18-суточного полета на пилотируемом космическом корабле «Союз-9»: «В космическом полете нам не хватало земных, привычных человеку звуков и явлений. Там не было слышно шумов, характерных для города или села, шумов леса и ветра, пения лесных птиц... По земным привычным звукам, явлениям и ароматам мы поистине сильно скучали. Иногда все это земное чувствовали, слышали и видели во сне».

Как видим, проблема существует, и ее надо решать. Мы провели эксперимент в группе специалистов, выполняющих монотонную работу слухового профиля. Это была группа радистов высокого класса, принимающих на слух 120—140 знаков азбуки Морзе в 1 мин. Испытуемым ставилась задача в течение четырехчасовой вахты по приему звуковых сигналов не пропустить кодовый сигнал — радиотелеграфный смешанный текст, состоящий из двух цифр и трех букв. В течение эксперимента подавалось два-три кодовых текста. Последний текст передавался за 15—20 мин до окончания эксперимента. Анализировалось качество работы по приему этого текста. В зачетных экспериментах в наушники подавалась музыка, интенсивность которой подбиралась испытуемым индивидуально по инструкции: сигнал должен быть в два раза сильнее музыкального фона. В одном эксперименте принимаемый текст записывался на бумаге, а в другом — испытуемый должен был все время держать в памяти последний текст и записать его на

бумаге после окончания вахты. Во всех случаях музыкальный фон повысил надежность слуховой работы специалиста, особенно в деятельности с активным функционированием оперативной памяти.

В этой главе, говоря о физических факторах, мы не останавливаемся на двух из них, которые наиболее специфичны для космического полета и связаны с его динамикой. Это невесомость и перегрузки. Мы решили дать им более подробную характеристику, когда будем рассматривать соответствующие участки полета, на которых они являются доминирующими.

Как мы писали в начале этой главы, кроме физических факторов космоса, в полете создаются условия, которые могут отрицательно сказываться на психическом состоянии космонавта. Это многочисленные так называемые психические «шумы». Мы рассмотрим три большие их группы: сенсорную депривацию, особенности работы малых изолированных групп и эмоциональный стресс.

Фактору сенсорной депривации космонавта (изоляция, отстраненность, монотонность условий полета) придавалось большое значение еще до пилотируемых космических полетов. Множество экспериментальных работ, выполненных к этому времени, и случайных наблюдений свидетельствовало о том, что этот фактор может оказать отрицательное влияние на здоровье и психическое состояние космонавта.

Данные экспериментов показали, что для нормальной жизнедеятельности мозга совершенно необходим оптимальный сенсорный приток из внешней среды. Без него психические функции нарушаются, мозг теряет способность осуществлять функции мышления, «не способен, по выражению Х. Дельгадо, даже бодрствовать и реагировать, если он лишен своего воздуха — сенсорной информации».

Предположим, осуществляется полет к такой близкой планете, как Марс. Продолжительность полета больше полутора лет, время пребывания на Марсе 1—2 месяца. И весь этот период экипаж живет только в одном помещении, только одной целью. Видит одни и те же окружающие лица и предметы. Космонавт А. А. Леонов и врач В. И. Лсбедев проанализировали многие длительные экспедиции и детально проиллюстрировали основную базу сенсорной депривации. Они доказали, что сен-

сорная депривация влияет на психику человека, его деятельность. Вот несколько выдержек из этого анализа.

В своей книге «У Южного полюса» К. Борхгревинк пишет:

«В такую погоду (имеется в виду чрезвычайно низкая температура наружного воздуха.— Авт.) жизнь в нашем маленьком помещении казалась иногда невыносимой. Нам не хватало света, движения, воздуха. Мы как бы старели на глазах друг у друга. Тишина временами стучала в ушах, всякое нарушение ужасной пустоты и оторванности было облегчением... Так текли без перемен длинные и темные дни зимы. Медленно и скучно проходило время, и лишь обязательная запись показаний инструментов вносила некоторое разнообразие».

Еще более показательна запись Марио Маре, зимовавшего в условиях Антарктики: «Я бы охотно лишился своего месячного, даже двухмесячного жалованья ради того, чтобы взглянуть на зеленую траву, покрытый цветами луг, на котором пасутся коровы, на березовую или буковую рощу с желтеющими листьями, по которым струятся потоки осеннего ливня».

Нечто подобное отмечалось и в наших экспериментах. В одном из 70-суточных экспериментов участвовал журналист Е. Терещенко. Вот что он записал у себя в дневнике: «Вахта, обед, обследование, сон, наша жизнь забилась в каком-то лихорадочном, но монотонном ритме. Исполдволь начала подбираться нервная усталость. Мы стали раздражительнее. Заставлять себя работать стало труднее. Все чаще хотелось открыть куда-то дверь и увидеть что-то другое. Все равно что, только бы новое. Иногда мучительно, до рези в глазах, хочется увидеть яркий, определенный, простой свет спектра или кумачовый плакат, синее небо. Скука».

Таких примеров можно привести много, и они показывают, что эта проблема не является специфичной лишь для космоса.

Но космонавт должен быть готов к этому.

Во время подготовки к первым полетам ставилось много экспериментов. Полная изоляция — сурдокамера. Абсолютная тишина. Связь только односторонняя. Уже через 40—48 ч полной сенсорной изоляции у испытуемых отмечались различные психические нарушения. Наиболее частое проявление сенсорной депривации — так называемый обман чувств, галлюцинации. Они на-

ступают внезапно, как бы без всякой причины и тем более выражены, чем строже сенсорная изоляция. Чаше возникают зрительные иллюзии. Их характер самый разнообразный — от простейших геометрических фигур, светящихся точек до сложнейших красочных картин типа неконтролируемых фантазий и грез.

Специфическое для сенсорной депривации состояние — скука. По данным американских исследователей, причины преждевременного выхода испытуемых из такого рода экспериментов — необычно тягостное состояние, понижающее уровень мотивации и сопровождающееся угнетенным настроением, усилением чувства тревоги вплоть до паники.

Экспериментальные работы показали, что даже частичная депривация может крайне неблагоприятно отражаться на рабочем состоянии космонавта как оператора, обязанного управлять различными системами корабля и его оборудованием.

Один из авторов этой книги проходил длительные испытания: от нескольких суток до месяца. Эти эксперименты, или, как их называют космонавты, отсидки, отличались лишь целью постановки опыта. Например, космонавт находился в сурдокамере, работая по своей программе. Ему разрешалось читать, рисовать, петь, проговаривать стихи. Время от времени, конечно, по программе эксперимента, без контакта с космонавтом регистрировались его основные психофизиологические показатели: работа сердца, дыхательной системы, реакции. По радио он представлял самоотчет о своем состоянии.

В других опытах моделировались программы различных по длительности космических полетов. Все эти эксперименты были насыщены ответственной профессиональной деятельностью, иногда в ходе их проведения вводились периоды двух-трехсуточной непрерывной, без сна и отдыха, деятельности. И, несмотря на то что в первой серии опытов, назовем их просто изоляцией, космонавт находился в свободном режиме, условия испытаний переносились гораздо тяжелее. В ходе экспериментов один из авторов вел дневник, и на его основе мы попытаемся дать анализ состояния изоляции.

В первые полтора-двое суток эксперимента, когда космонавт работал по собственному желанию и программе, резко, без видимой причины нарушался обыч-

ный ритм жизни. Привычное время отбоя организм не принимал, сон, беспокойный, прерывистый, приходил только около 2—3 ч ночи. Днем же, наоборот, хотелось спать, все валилось из рук, ощущалась неимоверная усталость, ныли мышцы, все время хотелось подтянуться, выпрямиться. На второй день было трудно писать дневник. События первого дня не выстраивались в обычный последовательный ряд, а как бы в калейдоскопе возникали перед глазами, когда хотели и в каком хотели порядке. Приходилось заставлять себя читать, даже составлять для себя норму чтения за один час. К третьим суткам самочувствие улучшилось. Очень захотелось есть. Появилось острое желание двигаться, разговаривать. Работа спорилась (как подчеркивали врачи после эксперимента, это только казалось). Так длилось два-три дня. Затем, с пятого дня, опять наступила сонливость. Делать ничего не хотелось. К самой отсидке никакого интереса. К концу изоляции (на 10-е сутки) приходилось себя сдерживать, чтобы не считать минуты до ее окончания.

Во втором эксперименте продолжительность отсидки была в 3 раза больше — месяц. В той же сурдокамере, в тех же условиях. Разница одна: проигрывался усложненный вариант полета. Напряженная работа. Поиски отказа техники, ее ремонт. Непрерывные восьмичасовые вахты, трехсуточные периоды без сна и отдыха... И результат: настроение бодрое, бессонницы никакой, аппетит нормальный, мысли только о работе, об эксперименте. Исправление любой неисправности еще больше поднимало дух, уверенность в выполнении всей задачи в целом. Работа спорилась.

После экспериментов были сделаны вполне определенные выводы. Во-первых, и практика космических исследований подтвердила это, в полете космонавт не будет чувствовать полной изоляции, и, во-вторых, в длительных полетах надо бояться не перегрузки космонавта работой, а недогрузок. «Окна» в деятельности космонавта необходимо закрывать рационально спланированной бортовой учебой и тренажом, обработкой получаемых в полете научных данных, специальными мероприятиями социологического порядка.

Более значима для практики сегодняшнего дня космонавтики и ее ближайшего будущего проблема взаимоотношений людей, длительное время работающих в изо-

лированных малых группах. Эта проблема не нова. Ею занимались и раньше, изучая деятельность малых групп во время морских плаваний, зимовок, полярных и геологических экспедиций. Ее приняла космонавтика, хотя до сегодняшнего дня она в своей практике не имела ярких примеров психологического плана — напряженности в отношениях между членами экипажа, неразрешимых споров, полного разрыва отношений в полете. Но подобные ситуации могут быть, и поэтому ученые, методисты, психологи и космонавты разрабатывают мероприятия по их профилактике.

В чем же причина возникновения психологической напряженности во взаимоотношениях между членами коллектива в условиях длительной групповой изоляции? В книге «Психологические проблемы межпланетного полета» А. А. Леонов и В. И. Лебедев называют три основные причины, которые могут вызвать конфликты в малых группах. Во-первых, астенизация, ослабление нервной системы. Отсутствие полного комфорта, перемена ритма деятельности, постоянная нервная напряженность, невозможность сохранения старых, закрепленных жизнью привычек — все это приводит к ослаблению нервной системы. А как доказал великий русский физиолог И. П. Павлов, астенизация ведет к нарушению внутреннего торможения, в нормальных условиях обеспечивающего контактность людей между собой, сдержанность и уступчивость. Мелочи, которые в обычной жизни человек просто бы и не заметил у своего партнера, начинают его раздражать. А это, в свою очередь, еще больше астенизирует нервную систему. Возникают столкновения, бессмысленные, беспричинные споры по каждому пустяку. Дважды Герой Советского Союза, космонавт В. Волков писал: «Сказать, что все у нас шло гладко, без срывов, без споров — будет неправдой. Были обиды, споры до хрипоты...»

Во-вторых, информационная истощаемость человека. В отличие от других потребностей человека (еда, питье, тепло и т. д.) потребность во внешних впечатлениях ненасытаема. Человек все время в процессе всей своей познавательной активной деятельности ищет источник информации. В малых группах этой возможности нет. Как пишет советский психолог Б. С. Алякринский: «У людей, которые впервые сталкиваются, появляется желание поближе узнать друг друга, т. е. возникает

взаимный интерес — одна из самых положительных эмоций». А в малых изолированных группах такие возможности ограничены, и когда они иссякают...

Вот что пишут А. А. Леонов и В. И. Лебедев о состоянии Р. Берда, начальника экспедиции, проведенной зимовку в Антарктиде в 1929/30 году: «Берд отчетливо представлял, что наступит наконец такой день, когда ни у кого не останется ничего, что можно было бы рассказать другим». И через несколько месяцев у участников экспедиции наступает «информационное истощение», в отношениях между ними появляется раздражительность.

И наконец, третья причина — «публичность» жизни и деятельности. Вот что пишет Р. Берд о состоянии двух человек на длительной зимовке: «Какое бы ни было их настроение, их душевное состояние, они вечно на виду друг у друга, ибо уйти им некуда. Каждый лишний шаг, каждый жест, каждое невзначай брошенное слово одного может вызвать бесконечное раздражение второго». Он считал даже, что лучше зимовать одному, однако не выдержал зимовки. За три месяца пребывания в маленькой хижине, в условиях полярной ночи, в северном безмолвии снегов его нервная система была полностью расшатана. Он всего боялся, ни о чем не заботился, даже о еде. Депрессия — так называют врачи это состояние. Следовательно, вдвоем с товарищем лучше?

Но есть одна особенность, которая отличает деятельность космического экипажа от коллективов зимовщиков, моряков. И эта особенность — дефицит времени, напряженность жизни, программы исследований. И именно эта особенность — отсутствие свободного времени — не позволяет во всем согласиться с общей теорией функционирования малых групп.

Нам хотелось закончить описание особенностей деятельности малых изолированных групп выдержками из книги Ю. А. Сенкевича, врача, специалиста по групповой психологии, имеющего большой опыт наблюдения и самонаблюдения таких групп. Приведем некоторые его записи, сделанные во время двух плаваний многонационального экипажа на парусной лодке «Ра», где он представлял Советский Союз в качестве врача.

Мы говорили об ослаблении тормозного процесса, когда любая мелочь, которую в обычной жизни и не заметил бы, может вызывать беспричинную раздражитель-

ность и даже беспричинное злорадство. Ю. А. Сенкевич об этом пишет: «Характерный пример с Абдуллой. В его адрес у меня в дневнике немало высказываний, суть которых в целом: «Абдулла моется пресной водой, и это безобразис». Воды на борту вдоволь, ее расход никто не контролировал, а врача это задевало. «А вот как это так,— продолжает Сенкевич,— я обхожусь соленой, Абдулла же привередничает — чем он лучше других?» К концу плавания воду стали учитывать, и Абдулле запретили «пресные» омовения. Запись в дневнике: «Отошла коту масленица».

Что касается «публичности», то, оказывается, к ней можно привыкнуть, а следовательно, это чувство можно тренировать. Сопоставляя плавание на «Ра-1» и «Ра-2», Ю. А. Сенкевич пишет о втором плавании: «...мы перестали друг друга стесняться. Разгуливаем, фигурально говоря, в неглиже, не боимся ненароком задеть собеседника словом или жестом, откровенность наших реплик иногда чрезмерна и граничит с бестактностью». То есть, описывая особенности групповой психологии, автор намечает и те пути, по которым надо идти в целях их профилактики.

И наконец, еще одна важная проблема — эмоциональное напряжение космонавта в полете, эмоциональный стресс, его причины, проявления и профилактика.

Гагаринское «Поехали!», которое он произнес, отправляясь в неизвестное, символизировало и начало изучения эмоционального напряжения космонавта в космическом полете.

Эмоции космонавта тесно связаны с условиями полета, его задачами и целями. Они проявляются задолго до самого полета, имеют свои спады и пики, сопутствуют выполнению отдельных полетных операций, характеризуют его качество. Априорно можно считать, что успешное выполнение целей полета приводит к положительным эмоциям. Срыв задания — к отрицательным. Человек переживает, беспокоится о качестве выполнения задания, и это вносит эмоциональную окраску в его поведение: космонавт может выражать удовольствие и неудовольствие.

По каким признакам можно судить о степени эмоционального напряжения человека? Прежде всего по внешним видимым признакам, таким, как мимика, покраснение-побледнение лица, суетливость или же, на-

оборот, скованность, напряженность в движениях и т. д. Это показатели качественные, трудно поддающиеся анализу и регистрации. Основным методом изучения внешних признаков эмоционального напряжения космонавта является психофизиологический анализ поведенческих и профессиональных реакций. При этом анализируются сведения, поступающие на командные пункты управления полетами во время радио- и телевизионных репортажей, результаты телеметрии, медицинского контроля и магнитофонные записи радиообмена между экипажами и Землей.

Самый распространенный в настоящее время метод регистрации и изучения эмоций — исследование динамики функционирования некоторых систем организма. Из вегетативных показателей в данном случае наиболее информативным можно считать показатель частоты сердечных сокращений.

«Сердце замирает» — говорят о переживании страха. «Сердце бьется как птица» — в этих словах выражены положительные эмоции, эмоции радости.

В зависимости от условий эксперимента, особенностей полета, времени, которым располагает исследователь, ученые применяют различные методы при изучении эмоционального состояния космонавта. Например, метод формантной частоты, который заключается в исследовании изменения интенсивности и частоты максимальной спектральной компоненты речи космонавта в пределах той или иной форманты (специфические зоны увеличения спектральных интенсивностей). Но чаще всего применяют комплексный метод, что повышает точность полученных показателей.

В чем причины эмоционального напряжения космонавта во время полета? Прежде всего они связаны с высокой степенью мотиваций действий космонавта. «Назовите мне большую по сложности задачу, чем та, что выпала мне, — говорил Ю. А. Гагарин перед полетом в космос. — Это ответственность не перед десятками людей, не перед одним коллективом. Это ответственность перед всем советским народом, перед его настоящим и будущим. И если тем не менее я решаюсь на этот полет, то только потому, что я коммунист, что имею за спиной образцы беспримерного героизма моих соотечественников — советских людей».

Как бы ни была надежна техника, доля риска, опасности в профессии космонавта существовала и существует. Следовательно, забота о своей жизни и безопасности экипажа, о благополучном завершении полета — одна из причин, составляющих эмоциональный фон его профессиональной деятельности.

Новые корабли, новые условия полета, новые цели и задачи полетной программы... Практически каждый космический полет неизбежно содержит в себе элементы неопределенности, новизны. Как бы хорошо ни были изучены космические полеты, условия, в которых работает космонавт, все же каждый полет — новый шаг в освоении космоса, и с этим также связано эмоциональное напряжение космонавта. Давайте рассмотрим динамику частоты сердечных сокращений у членов экипажей космических кораблей «Союз-4», «Союз-5» и «Союз-8», «Союз-10» на первых витках полета.

Полет космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5». Все четверо членов экипажей в космос летят впервые. Дефицит внешней информации, т. е. недостаток сведений и опыта, отражается на состоянии организма пилотов сразу после выхода корабля на орбиту. У всех членов экипажа отмечается тахикардия — увеличение частоты сердечных сокращений.

Оба члена экипажа корабля «Союз-8» в полете второй раз. У них снижена неопределенность о первых минутах полета, особенно об эмоционально значимом участке — первых витках. В результате состояние вегетативных функций у членов этого экипажа не претерпевало резких изменений.

Приведем пример, связанный с расходом рабочего тела (энергии корабля) при выполнении динамических операций в космосе командиром кораблей «Союз-4», «Союз-8», «Союз-10» В. А. Шаталовым. С каждым полетом по сравнению с расчетным командир тратил все меньше и меньше энергии. Сказываются его опыт, снижение неопределенности, недостатка информации о работе в необычных условиях, снижение эмоционального напряжения и его влияния на качество деятельности.

Немаловажным для генезиса эмоций космонавта имеют чувства, связанные с возможностью сделать что-то первым, стать пионером в новом деле, чувство познания нового, чувство моральной победы.

Разве можно назвать обычными эмоции Армстронга,

который, чтобы поскорее оказаться на Луне, начать ее изучение и «опробывание», поломал четкий график полета и вместо сна, так необходимого для выходящего в открытый космос космонавта, сразу же после посадки, с согласия врачей и контрольного центра, стал готовиться к выходу из лунной кабины (полет «Аполлона-11»).

Неопределенность и жажда познаний заставили сердце Бормана перед выходом на лунную орбиту биться более чем на 70% чаще обычного. В момент посадки на Луну пульс Армстронга достигал 156 ударов в минуту вместо 77!

В космическом полете у космонавта часто возникают чувства, связанные с осознанием того, что это еще никто не видел, никто не чувствовал, никто не переживал. Когда один из авторов этой книги вышел из космического корабля в открытый космос, чтобы впервые перейти из корабля в корабль во время полета, хотел он того или нет, но в голове все время возникала мысль: «Ведь я же первый посещаю другой корабль в космосе!», и лишь когда началась работа по переходу, думалось совершенно о другом.

Признаки эмоционального напряжения часто обнаруживаются в тех случаях, которые принято называть оперативным покоем, когда практически отсутствуют физические нагрузки, алгоритм операций выполняется по плану, ровно. Очень характерен в этом отношении этап пятиминутной готовности экипажей к старту. У космонавтов, которые стартовали в космос в одиночку, частота пульса при пятиминутной готовности увеличивалась в среднем на 68% по отношению к исходному фону, а у членов многоместных экипажей — всего лишь на 15%.

И конечно, причиной эмоциональной напряженности в полете могут быть чувство профессиональной ответственности, стремление к выполнению социально значимых целей.

Вспомним деятельность экипажа космического корабля «Восход-2» по обеспечению первого выхода человека в открытое космическое пространство (А. А. Леонов) и ручной ориентации, посадки корабля после завершения космического полета. Подготовкой к выходу руководил командир корабля П. И. Беляев. До выхода, подчеркиваем еще раз, до первого выхода, оставалось

7—10 минут, экипаж выполнял программу, А. А. Леонов еще находился в шлюзовой камере — пик эмоционального напряжения регистрировался у командира, а не у выходящего в открытый космос космонавта. Через несколько минут, когда А. А. Леонов находился в открытом космосе, эмоциональное напряжение командира снизилось, наступило разрешение эмоциональной ситуации, причиной которой было выполнение сложной профессиональной задачи. И вот А. А. Леонов в космосе, все идет хорошо, по программе. У командира, подготовившего эту операцию, эмоциональное напряжение продолжает снижаться и доходит до обычного для него состояния. У А. А. Леонова, наоборот, пик эмоционального напряжения приходится на момент выхода.

Во время ориентации корабля и посадки, когда основная профессиональная ответственность лежит на командире, у него вновь отмечается пик эмоционального напряжения. В это же время у второго пилота не определяется никаких признаков эмоционального напряжения, он спокоен, хотя тоже хорошо понимает жизненную значимость проводимой операции посадки.

Для изучения любого явления, как мы говорили, необходимо научиться его моделировать. Моделирование позволяет расчленять явление, усиливать или растягивать во времени отдельные его этапы с целью их изучения.

Моделирование эмоциональных состояний, в том числе и психического напряжения, имеет большое значение в авиакосмической психологии.

Моделируя в лабораторных условиях, например, операторскую деятельность, связанную с определенной степенью риска для жизни на протяжении нескольких часов и даже суток, очень важно понять те изменения в уровне работоспособности оператора, которые наступают при длительном пребывании в специфическом эмоциональном напряжении.

Мы разработали один из эффективных методов моделирования эмоциональных состояний оператора, в том числе и космонавта, — метод формирования заданных эмоциональных состояний в гипнозе. О его применении мы расскажем при описании отдельных этапов космического полета и труда космонавтов.

Активные участки космического полета

Ракета — вот тот экипаж, который единственно возможен для путника, собирающегося отправиться в мировое пространство, желающего отделиться не только от поверхности Земли, но и преодолеть силу ее притяжения.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

Уже за несколько часов до старта у космонавта начинается напряженная работа. Для космонавта начался полет, ответственная операция, исполнение его мечты, работа, к выполнению которой он готовился не один год.

Идет детальное, предполетное обследование. Последние записи в бортжурнале, последние советы и консультации специалистов. Космонавт, если это предусмотрено программой, экипируется, надевает скафандр. Ракета уже на старте. Ложемент в корабле сделан по его фигуре. Дублер уже не сможет его заменить. Последние приготовления к пуску.

Вряд ли обычный наблюдатель может заметить в поведении космонавтов, готовящихся к старту, в их мимике и жестах выражение неуверенности или страх. Тема риска, возможных опасностей не обсуждается и в предстартовых разговорах. Задача полета, порядок выполнения программных операций, заполнение бортжурнала, научные эксперименты — лишь это можно зафиксировать в беседах космонавтов.

Сосредоточенные взгляды, напряженные губы. Сразу можно отличить, кто из присутствующих полетит, кто будет «болеть» за них на Земле. В автобусе, который подвозит космонавтов к ракете, у членов экипажа уже можно заметить признаки эмоционального напряжения, высшую степень сосредоточенности, вызванные ответственностью за порученное дело, за выполнение программы полета, судьбу корабля. Что говорить, в каждом полете есть доля риска: а поэтому нет-нет да и мелькнет мысль: «Ведь я же улетаю в космос!» Страшно? Нет, не страшно. Конгломерат многих чувств. И чувство гордости, и чувст-

во расставания: «Смогу ли выполнить ответственную задачу?», «Благополучен ли будет полет?», «Как посадка?»

До старта еще часы, а точные лабораторные, клинические и психофизиологические исследования показывают: в организме космонавта началась перестройка. Фиксируются напряжение, обостренная чувствительность, волнение. Подобная реакция человека понятна. В психофизиологии она получила название предстартовой реакции, реакции ожидания. Степень ее зависит от сложности и ответственности задания, от опыта человека и особенностей его организма.

Анализ предстартовых реакций космонавтов показал, что при совершенно спокойном поведении, речи, внешнем виде сердце у половины стартующих уже за четыре часа до полета начинает работать чаще, повышается артериальное давление. Так, например, у Германа Титова за четыре часа до старта частота сердцебиений составляла 88 ударов в минуту (в нормальном состоянии частота ударов в пределах 60—76 ударов).

Время близится к пуску. Все в напряженном ожидании. Пятиминутная готовность. У впервые стартующих космонавтов именно в этот момент резко повышается частота пульса. Повышается она и у большинства повторно летавших, но значительно меньше. Эмоции оперативного покоя, эмоции ожидания. Напряженная радиосвязь. Четкие команды и такое же четкое их выполнение. Лаконачен язык космического полета. Построение фразы и самой команды происходит по заранее отработанному алгоритму: «Я «Алмаз»... Московское время... операции по... минуте закончил. Все в порядке», «Алмаз», я «Заря-4», «Вас понял». Или же: «Я, «Чайка», контроль системы провела», «Понял, я «Байкал», пятиминутная готовность» и т. д.

Безусловно, не всегда проходит все гладко на этом этапе. Бывают неполадки, иногда очень серьезные, грозящие кораблю, срыву программы полета и даже жизни космонавта.

Так, во время старта космического корабля «Джемини-6» приборы показали, что ракета оторвалась от стартового стола, однако не набрала необходимой тяги и в любой момент может упасть обратно. При такой ситуации командиру корабля инструкцией предписывается выдернуть кольцо системы катапультирования. Однако командир корабля Ширра, полагаясь на свой опыт пре-

дыдущих полетов, этого не сделал, так как по его ощущению отрыва от стартового стола не произошло. Если бы эта операция была задействована через автомат, то произошло бы катапультирование, экипаж подвергнулся определенному риску, спутник «Джемини-6» был бы значительно поврежден, и его не удалось бы запустить до конца полета корабля «Джемини-7» — программа совместных экспериментов была бы сорвана.

И здесь человек продемонстрировал то, что не в силах сделать любая, самая мощная и современная машина. Он продемонстрировал свои творческие возможности, подкрепленные предшествующим опытом, способность принимать оптимальные, ответственные решения, располагая неполной, даже ложной информацией.

Сравнивая профессии летчика и космонавта, попытаемся сопоставить первые этапы их полета.

Сейчас активный участок космического полета — взлет ракеты — требует несколько меньшей загрузки человека как оператора. Однако для космонавта в отличие от летчика, стартующего иногда по нескольку раз в день, он намного значимей, вызывает более высокую степень эмоционального напряжения. Он внимательно следит за обстановкой, контролирует приборы, поддерживает постоянную связь. Юрий Гагарин лишь за первую минуту полета десять раз вступал в радиообмен с Землей. Он понимал, что каждое его слово, мнение, отчет Земля ждет с нетерпением. Его сообщения были тем более ценны, что их делал первый человек, наблюдающий Землю с высоты космического полета. Да и в последующих полетах Земля с нетерпением ожидала информацию с борта кораблей.

Из репортажей космонавтов видно, как внимательно они следят за шумами, вибрацией, перегрузками, действующими в период работы двигателей.

Основным неблагоприятным фактором активного участка полета, действие которого человек начинает ощущать непосредственно после старта ракеты, являются перегрузки. С небольшими перегрузками, возникающими при ускорении любого транспортного средства, практически сталкивался каждый, но первые данные о значительных перегрузках были получены по мере развития авиации. Маневр самолета на большой скорости вызывает у человека такое состояние, при котором трудно работать, трудно управлять самолетом, а ведь именно при

маневре требуется точная двигательная деятельность, четкая и быстрая реакция. Поэтому летчики первыми столкнулись с проблемами, вызываемыми перегрузками.

Американский летчик Джимми Коллинз так описывает свои ощущения перегрузок во время испытательных полетов: «Центробежная сила — огромное невидимое чудовище — вдавливала мою голову в плечи и так прижимала к сиденью, что мой позвоночник сгибался и я стонал под этой тяжестью. Кровь отливала от головы, в глазах потемнело. Сквозь сгущающуюся дымку я смотрел на акселерометр и неясно различал, что прибор показывает пять с половиной. Я освободил ручку, и последнее, что увидел, была стрелка акселерометра, движущаяся обратно к единице. Я был слеп, как летучая мышь. У меня страшно кружилась голова. Я посмотрел по сторонам, на крылья самолета. Я их не видел. Я посмотрел туда, где должна быть Земля. Спустя немного времени она начала показываться, словно из утреннего тумана. Зрение возвращалось ко мне, так как я освободил ручку и уменьшил перегрузки».

В полете, который описывает Джимми Коллинз, перегрузка доходила до шести, а может быть, семи единиц.

В период подготовки космонавты тренируются на переносимость перегрузок, учатся управлять кораблем на активных участках полета. Один из авторов прошел такой курс подготовки на центрифуге, на самолете, где при виражах возникают перегрузки различной величины и знака, и отмечает, что в реальном космическом полете перегрузка показалась ему менее страшным «чудовищем», чем Д. Коллинзу. Да, перегрузка оказывает сильное воздействие, но человек может выполнять определенные рабочие операции, может мыслить, принимать ответственные решения. Может быть, Д. Коллинз неправильно, преувеличенно описал свои чувства? Нет, в этом несоответствии скорее всего «виноваты» врачи и методисты, в том числе и методисты-физкультурники, которые тщательно готовят организм космонавта к встрече с перегрузками. Сначала ознакомительные, небольшие перегрузки на центрифуге (на ЦеФе, как называют ее космонавты), затем график перегрузок реального космического полета и, наконец, проигрывание аварийных перегрузок и т. д. Разрабатываются специальные противоперегрузочные позы, способы дыхания.

Но как бы ни готовили космонавта к встрече с перегрузками, по своей физической сути они влияют (и не могут не влиять) на управляющую деятельность космонавта, его профессиональные возможности. И это учитывают конструкторы современных и перспективных космических кораблей.

В результате многочисленных исследований определен характер действия перегрузок на сердечно-сосудистую, дыхательную систему человека в зависимости от их величины, времени действия, направления. Так, проведенные эксперименты показали, что при ускорении, равном $4g$ (в направлении «голова-ноги»), передвижение космонавта невозможно. По данным А. Р. Котовской с сотрудниками, время реакции оператора на зрительный раздражитель увеличивается прямо пропорционально величине действующей на него перегрузки, причем с увеличением угла между линией действия перегрузки и осью «голова-ноги» изменения реакции во времени становятся значительней.

Отмечаются расстройства и в системе произвольных движений, целенаправленных действий. Оператор, который находился в кабине центрифуги, должен был во время перегрузок совмещать перекрестие своеобразного прицела с мишенью. Исследования показали, что начиная с ускорения $5g$, процент попаданий в мишень значительно снижался.

Известно, что перегрузки возникают не только при выводе космического корабля на орбиту, но и при его возвращении на Землю и во время посадки. В этом случае организм уже перенес длительное воздействие невесомости и других факторов полета. Поэтому перегрузки возвращения, перегрузки, возникающие при посадке космического корабля, воспринимаются и переносятся человеком тяжелее, чем на участке вывода корабля на орбиту. Рукоятки управления, датчики и небольшие приборы, иногда прикрепляемые к телу, кресло и привязные ремни при одной и той же перегрузке в 2—3 раза сильнее давят на тело. Сердце, привыкшее за длительный полет к «работе» с невесомой кровью, резко переходит на режим усиленной деятельности. При этом учащается пульс, появляется аритмия. В таких условиях отмечаются и нарушения мозгового кровообращения, что ведет к динамическим, нестойким изменениям со стороны нервной системы.

Посадка — это один из наиболее значимых этапов полета. Для экипажа и для всех, кто готовил полет, кто готовил его научную программу.

Системы ручной посадки отработаны. Каждый экипаж на тренировках совершает сотни посадок, и «штатных», т. е. в нормальном режиме функционирования систем, и аварийных, когда проигрывается посадка при отказе того или иного элемента техники.

Идут последние витки полета. Со стенографической точностью космонавт старается записать в бортжурнал еще свежие впечатления о полете, о выполненном задании.

Впереди посадка. Никаких внешних проявлений страха, волнений, но где-то в глубине, подсознательно нарастает пик эмоций. Ведь бывали катастрофы с экипажами и именно при посадке. Кроме того, космонавт ждет перегрузки и знает, что действовать она будет сильнее, чем при взлете. Наблюдения показали, что в это время движения космонавта становятся ограниченными, ничего случайного, лишь то, что нужно для дела. На последних витках во время радиосвязи исчезают шутки, только уточняются элементы посадки.

Ручные системы управления при посадке космического корабля были использованы еще во время полета «Восхода-2». 20 марта 1965 года «Правда» сообщала:

«19 марта в 12 часов 02 минуты по московскому времени космический корабль «Восход-2», пилотируемый экипажем в составе командира корабля полковника Беляева Павла Ивановича и второго пилота подполковника Леонова Алексея Архиповича, благополучно приземлился в районе города Перми.

Посадка произведена командиром корабля полковником Беляевым с использованием системы ручного управления».

Сообщение ТАСС заняло всего несколько строк. Вот как это происходило в реальном полете.

Как и в предыдущих полетах кораблей-спутников типа «Восток» и «Восход», программой предусматривались автоматическая ориентация корабля и включение тормозной двигательной установки с целью производства посадки. Экипаж ждал этого момента. Но командир корабля П. И. Беляев заметил некоторые отклонения в работе автоматической системы ориентации. Полетная обстановка осложнилась. Возникла аварийная ситуация —

так называют подобные моменты специалисты по безопасности полета.

В конце 16-го и начале 17-го витка экипажем были отмечены нерасчетные движения корабля. Создавшееся положение осложнилось непрохождением команд в автоматике. Отказ? Да, командир экипажа определил отказ, «диагностировал» его и сообщил об этом на Землю.

Перед глазами схема ручной посадки. Индикаторное устройство. Ориентатор космического корабля. Космонавт внимательно следит за его показаниями. При отклонении оптической оси от вертикали, а продольной корабля — от направления полета космонавт принимает решение на вмешательство в работу системы. Органы управления — «руль» космического корабля. Отклоняя ручку в нужную сторону, он тем самым посылает командные сигналы на вход датчика угловой скорости. В датчиках угловой скорости командные сигналы сравниваются с сигналами, пропорциональными угловым скоростям, по соответствующим осям корабля. И результаты этого сравнения формируют сигналы управления, команды, которые включают двигатели ориентации, создавая вращающий момент. Еще большее внимание, ожидание. Надо проконтролировать машину — взгляд на измерительные устройства, индикаторы которых тоже перед глазами, на панели пульта. Много раз проигрывал экипаж эту операцию, ее тонкости, ее особенности... но только на Земле. А здесь? Мысленно проигрывается схема, еще раз, еще.

Экипаж не испугался отказа автоматики. Какое-то время информации с Земли на корабль не поступало. Земля принимала решение. Принял решение и командир корабля: произвести ручной спуск корабля. На Землю идет радиограмма: «Прошу разрешения сесть вручную на восемнадцатом. Я — «Алмаз», — голос командира спокоен, хотя садиться вручную ему придется впервые в мире. У пульта управления Юрий Алексеевич Гагарин, а рядом — Сергей Павлович Королев. И он дал это разрешение.

Разберем фрагменты записей физиологической информации этого периода, которые поступили на Землю по каналам телеметрии, наложим их на оперативные этапы подготовки и ручной посадки космического корабля «Восход-2». Именно эти данные показывают динамику эмоционального напряжения экипажа на жизненно важ-

ном для него этапе. Так, первое резкое повышение частоты пульса у командира связано с моментом диагностирования им отказа в системе автоматической посадки. В то же время частота пульса у второго пилота колеблется в пределах 68—72 ударов в минуту (т. е. практически нормальная).

После определения отказа, получения разрешения на ручную посадку напряжение у П. И. Беляева спало (частота пульса 85—90 ударов в минуту), и он приступил к ориентации корабля.

Следует отметить, что в этот момент несколько учащается пульс у А. А. Леонова, однако он не доходит до уровня частоты пульса П. И. Беляева (напомним об обратном соотношении в период выхода А. А. Леонова в космос). Сориентировав корабль и убедившись в точности ориентации по рысканию, тангажу и крену, командир не спешил с выбором момента включения двигателя. Система не была испытана человеком в полете, и поэтому, чтобы посадить корабль в приемлемом районе СССР, П. И. Беляев, учитывая вероятные ошибки техники, а также свои собственные, принял решение включить тормозную двигательную установку, когда точка посадки подойдет к нисходящей части витка, проходящей над территорией Советского Союза.

Несмотря на отсутствие в этот период выраженных физических нагрузок (командир не двигался, он ждал), частота сердечных сокращений у П. И. Беляева была наивысшей (129 ударов в минуту). Ответственный момент — нажал кнопку на доли секунды раньше, и корабль сядет в необжитых районах тайги, а запоздаешь — и того хуже.

С включением тормозной установки напряженность спала, частота пульса резко снизилась, несмотря на то что в этот момент, по словам П. И. Беляева, экипаж выполнял предпосадочные операции, активно работал. Известно, что на этапе входа в атмосферу начинают действовать значительные перегрузки. У всех летавших космонавтов в этот момент повышается частота пульса — сердце «чувствует» эти перегрузки. В данном случае факт оптимального выполнения профессиональной обязанности, т. е. разрешение профессиональной ответственности (корабль идет к Земле, двигатели работают нормально), полностью подавил физическое воздействие перегрузок — частота пульса у П. И. Беляева снижается, в то

время как у второго пилота, как и следовало ожидать, отмечается повышение частоты пульса.

Приведем несколько строк из дневника одного из авторов, которые характеризуют этап посадки космического корабля «Союз-4» (напомним, что он, взлетев в космос на корабле «Союз-5», затем с А. С. Елисеевым перешел на корабль «Союз-4» и вместе с его командиром В. А. Шаталовым произвел посадку):

«Полет близится к завершению. Программа выполнена. Получена радиограмма с Земли о подготовке к посадке. Осталось всего несколько витков. Мы пролетаем над Сахалином, Камчаткой, уходим из зоны видимости телевидения и приступаем к заключительному этапу полета. Укладываем исследовательское оборудование, делаем записи в бортовом журнале. Укладка оборудования занимает довольно много времени. Эту операцию поручили мне как инженеру-исследователю. Нахожусь в орбитальном отсеке один со всеми приборами. Они плавают вместе со мной, и я по одному их укладываю. Они выполнили свою задачу, некоторые из них возвратятся на Землю, и я укладываю их в спускаемый аппарат. Те, что останутся в орбитальном отсеке, при входе в плотные слои атмосферы сгорят. От этого становится даже немного грустно. За время полета мы привыкли к ним, а теперь оставляем так жестоко. Но вот все уложено. В это время пролетаем над песками Африки, Красным морем, Аравийским полуостровом. Последний раз осматриваю, прощаясь, орбитальный отсек, перехожу в спускаемый аппарат, сажусь в свое кресло. Елисеев занят контролем работы систем корабля. Шаталов записывает в боржурнале радиограмму на Землю о готовности корабля и экипажа к посадке.

Корабль выходит на территорию Советского Союза. Идет доклад на Землю, затем радиограмма на борт с Земли о режиме и времени посадки. Уходим на заключительный виток. Затягиваем привязные ремни, закрываем люк, соединяющий спускаемый аппарат и орбитальный отсек, проверяем его герметичность. Немного больше возбуждены, чем обычно, но все предельно сосредоточенно работают.

В указанное время командир включает систему ориентации корабля и разворачивает корабль так, чтобы тормозной двигатель был направлен вперед. Мы летим как бы спиной вперед. Но в состоянии невесомости это

не ощущается. В иллюминаторы хорошо наблюдается горизонт Земли и ее поверхность. Ярко светит Солнце. Под нами океан. Еще раз проверяем правильность и точность ориентации — от этого зависит точность посадки.

Немного южнее экватора в заданное время командир включает тормозной двигатель. Контролируем его работу по приборам, слышим шум выходящей газовой струи. Когда двигатель проработал необходимый срок и уменьшил скорость полета корабля приблизительно на сто метров в секунду, командир на высоте около двухсот пятидесяти километров выключил его и доложил об этом на Землю.

Корабль незаметно для глаза снижается, и мы еще находимся в состоянии невесомости. Заметное торможение начинается с высоты меньше ста километров. Перед входом в плотные слои атмосферы отделяются орбитальный и двигательный отсеки. Все более стремительно мчимся к Земле. Замечаем, что пылинки начинают приобретать упорядоченное по направлению полета движение и опускаются на пол. Значит, появилась перегрузка, которую физически мы пока еще не ощущаем. Заметно уменьшается высота полета: восемьдесят, семьдесят километров... Растет перегрузка, наши тела вдавливаются в кресла. Видим, как снаружи начинают оплавляться некоторые металлические элементы (антенны, указатели). Пламя все больше увеличивается: переходит в сплошной поток и закрывает весь иллюминатор. Слышен все нарастающий шум, треск, как в топке паровозного котла. Но страха и волнения нет, обо всем этом мы знали заранее.

Скорость и высота полета продолжают уменьшаться. Корабль начинает трястись, подобно телеге, катящейся по булыжной мостовой. Это значит, что мы летим в диапазоне звуковых скоростей.

Примерно на десятикилометровой высоте ощущаем сильный рывок, затем второй, более слабый. Это раскрылись тормозной, а затем основной парашюты. Стало тихо. Через иллюминатор осматриваем район приземления. Корабль плавно вращается на стропах парашюта и как будто совсем не снижается. Видим дым и трубы заводов, Землю, покрытую снегом. Шаталов ведет связь с Землей, сообщая о всех процессах, происходивших на корабле, и работе посадочной системы. Высота полета все

уменьшается и становится менее 1000 метров. Корабль спускается. Замечаю вертолет, который летит в нашем направлении. Земля совсем близко, мы приготовились к приземлению. Несильный толчок — и через иллюминатор вижу, как плавно опускается на Землю и гаснет парашют. Корабль стоит на Земле».

Но не всегда будет так. Человек не может мириться с тем, что такая сложнейшая система, как космический корабль, взлетев в космос один раз, выполнив задачу, прекращает свое существование. Кроме того, посадка с использованием парашютной системы не бывает полностью точна (по месту приземления), как того хотелось бы руководителям полета, космонавтам... «Космический корабль приземлился северо-восточнее города Караганда, в 4 км от расчетной точки». Всем нам известны такие слова из сообщений ТАСС о завершении космических рейсов. Небольшая ошибка при ориентации, разница в долях секунды работы тормозного двигателя — и космонавт ничего не может сделать, чтобы сесть в заданную точку, как, например, самолет на заданный аэродром, его взлетно-посадочную полосу.

С возникновением идеи космических полетов возникли и идеи, связанные с защитой человека от воздействующих перегрузок. Еще К. Э. Циолковский разрабатывал вопросы защиты живых организмов от воздействия перегрузок. Так, он считал, что уберечь живой организм от действия ускорения (в том числе от ударов и толчков) можно, погрузив его в жидкость, равную ему по плотности. Он писал: «Природа давно пользуется этим приемом, погружая зародыши животных, их мозги и другие слабые части в жидкость. Так она предохраняет их от всяких повреждений». Справедливость этой идеи К. Э. Циолковский доказывал крайне простым, но убедительным экспериментом, который он описал в 1891 году. В стакан с водой погружают яйцо, и для увеличения плотности жидкости в нее добавляют поваренную соль до тех пор, пока яйцо не станет всплывать. После того как яйцо уравновесится, т. е. остановится в середине сосуда, его (сосуд) с силой ударяют о пол. Яйцо остается целым. К. Э. Циолковский полагал, что гидравлические системы смогут увеличить устойчивость человека к действию ускорений и ударных перегрузок.

В 1958 году в США были поставлены подобные опыты на людях. Оказалось, что человек, полностью погружен-

ный в воду, может переносить длительное время воздействия радиальных ускорений, достигающих $13g$.

А вот более оригинальный способ. Человек в капсуле. Капсула имеет форму шара и с помощью полуосей устанавливается в корабле таким образом, что вместе с размещенным в ней креслом космонавт может вращаться на 360° в плоскости, проходящей через продольную ось корабля. Центр тяжести капсулы находится в плоскости вращения, но смещен относительно оси вращения в направлении к креслу, вследствие чего каждый раз, когда меняется направление ускорения, она принимает такое положение, при котором перегрузки при любом изменении ускорения воздействуют на человека в наиболее благоприятном для него направлении «грудь — спина».

Однако указанные способы защиты человека от воздействия перегрузок имеют один на сегодня принципиально неразрешимый недостаток. Они лишают космонавта возможности работать. Тем самым из системы управления устраняется такое важное звено, каким является человек-оператор. Поэтому пока при разработке конструкций систем управления космических кораблей и полетных программ из профессиональной деятельности космонавта на активном участке полета приходится исключать такие виды работ, которые связаны с тонко координированной двигательной деятельностью, тонкой контрастной чувствительностью и др.

На этом этапе полета деятельность космонавта облегчает четкое выполнение инженерно-психологических требований к космической технике, т. е. точная подгонка оборудования к параметрам и возможностям человека, дублирование каналов управления, использование комбинированных систем индикации. Опыты показали, что комбинированная система индикации, включающая визуальный и звуковой индикаторы, позволяет осуществить управление спуском при воздействии на космонавта перегрузок до 15 единиц с градиентом нарастания 0,5 единицы в 1 с. Можно заменить звук вибрацией. Такая комбинированная индикация, включающая визуальный и вибротактильный индикаторы, улучшает качество управления при перегрузках до 6 единиц и позволяет осуществлять управление спуском космического летательного аппарата с приемлемыми результатами при поперечных перегрузках до 14 единиц.

При автоматической системе управления спуском человек имеет возможность контролировать работу автоматической системы, вносить в нее коррективы. Это требует от оператора постоянной бдительности и готовности перейти на ручное управление спуском корабля при отказе автоматических систем. А если на этом этапе полета совсем исключить вмешательство человека и доверить все автоматике, то у него снижается активность, падает бдительность, резко снижается готовность принять управление на себя. Думается, что человек не сможет мириться с пассивным поведением на этих важных этапах полета. В дальнейшем будут созданы такие системы, которыми человек сможет управлять даже при действии перегрузок значительной силы. Например, бесконтактные методы управления при помощи биопотенциалов.

На орбите

Стремление проникнуть за атмосферу подобно желанию изучить морское дно, внутренность земной коры, открыть новую страну, изобрести подводную лодку, летать по воздуху, улучшить жизнь, излечить болезнь, изучить небо.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

Для корабля как физического тела орбитальный полет — этап пассивный. Следуя неумолимым законам небесной механики, искусственное тело, корабль, без приложения дополнительной силы движется вокруг Земли по меняющимся орбитам, в конце концов приближается к атмосфере, входит в нее и сгорает. Однако для человека этот этап наиболее активный, наиболее продуктивный. Именно в орбитальном полете решаются основные задачи, во имя чего был подготовлен и реализуется полет космического корабля. Именно теперь решаются задачи научной программы полета, именно на этом этапе наиболее ярко проявляются творческие возможности человека. Поэтому и при подготовке космонавта наибольшее время занимает тренировка к выполнению орбитального полета, решению задач этого этапа.

А задачи обширны и разнообразны. Решению некоторых из них мы посвятим отдельные главы (выход космонавта в открытый космос и деятельность в безопорном и почти безориентирном пространстве, выполнение работ, важных для народного хозяйства, и т. д.). Здесь мы раскроем структуру деятельности космонавта на орбите и действие основного фактора космического полета — невесомости.

Итак, последние секунды активного участка полета. Организм чувствует перегрузки, тело слегка вдавлено в ложемент, шум работающего двигателя, треск атмосферных помех в радиоприемниках... По мере работы двигателей перегрузки нарастают. Сброшен головной обтекатель. Вторая ступень... Двигатель третьей ступени, сообщив кораблю скорость восемь километров в секунду —

первую космическую, — выключился. Корабль отделился от ракеты-носителя. И тут сразу наступает тишина. Вот как этот момент описывает советский космонавт, дважды Герой Советского Союза Анатолий Филипченко: «Взрыв, и ты как будто вываливаешься из кресла и переворачиваешься вниз, лицом к Земле, и висишь на ремнях. Это ощущение появляется из-за исчезновения давления на спину. Наступает полная тишина. Только неожиданно громко начинают тикать бортовые часы. А в иллюминаторах возникает фейерверк из светящихся частиц».

А вот свидетельство космонавта-2 Германа Титова: «Выход на орбиту ощущаю по непривычному впечатлению — наступает невесомость. Кажется, что вдруг полетел вверх ногами, но это ощущение длится несколько секунд. Довольно быстро привыкаю к этому необычному положению. Приборы подтверждают, что корабль вышел на орбиту. Приступаю к работе и прежде всего сверяю показания приборов. Докладываю на Землю: «Все идет отлично, все работает хорошо, самочувствие отличное». Лаконичное, но очень точное описание первых операций космонавта на орбите.

Наступает невесомость. Сегодняшние космонавты многое знают об этом периоде полета. В их распоряжении километры заснятых пленок, графики, рассказы товарищей. Да и некоторые из них стартуют уже не первый раз. Но все равно новая встреча с невесомостью, с ослепительным, а иногда почти с абсолютно черным космосом захватывает, восхищает. Но этот период полета таит в себе и массу неприятных ощущений.

Константин Эдуардович Циолковский дал объяснение ощущению невесомости на основе одинаковости падения различных тел. Земное тяготение — вес — проявляется, по без относительных различий, а поэтому и не ощущается.

Движение кораблей на орбите искусственного спутника Земли — это также свободное падение. Однако ускорение, непрерывно создаваемое силой земного тяготения, только искривляет траекторию полета корабля.

Читатель наблюдал во время телевизионных передач из космоса, как отпущенный космонавтом бортовой журнал или карандаш свободно парит в кабине корабля и не падает. Но это не совсем так, поэтому внесем уточнение.

Выпущенные из рук космонавта предметы или сам

космонавт парит в кабине корабля, именно падая. Ведь падает и весь космический корабль. То же самое происходит с космонавтами, выходящими в открытый космос. Приобретая первую космическую скорость, равную скорости полета корабля, они как бы становились автономными спутниками Земли. Они, как и корабль, продолжали падать на Землю по траектории полета с одинаковыми характеристиками. А чтобы не удалиться от корабля и возвратиться в него, космонавты имеют страховочные фалы.

Хотя ощущение веса в космическом полете исчезает, инертность и ее мера — масса — сохраняются полностью, а поэтому при столкновении, скажем, со стенкой корабля космонавт ушибается так же, как и на Земле; при стыковке в космосе двух кораблей удары ощущаются так же, как и на Земле.

При перемещении тел разных масс требуются разные усилия в процессе набора скорости или остановки. Космонавт, передвигаясь внутри корабля в условиях космического полета, должен быть предельно осторожным.

Юрий Гагарин после полета поражался, как правильно предвидел К. Э. Циолковский все то, с чем довелось встретиться первому космонавту, что пришлось испытать на себе.

Следовательно, человек имел представление о состоянии невесомости, знал, что сердце его будет гнать по сосудам невесомую кровь, мышцы тела будут ощущать невесомые конечности, но не имел реальных фактов, потому не мог оценить влияние невесомости на живой организм.

Первые данные о реакциях живого организма на состояние стабильной невесомости были получены в 1957 году, когда в космос отправилась собака Лайка. В первые минуты после выхода на орбиту собака была возбуждена. Отмечались выраженная двигательная активность, учащенное сердцебиение. Но никаких необратимых изменений не фиксировалось. Лайка быстро привыкла к ощущению невесомости. Можно сказать, что этот полет, явившийся завершающим этапом комплекса лабораторных исследований, ракетных вертикальных запусков с животными, открыл человеку путь в космос.

Вслед за Лайкой в космос отправились Белка, Стрелка, Чернушка и Звездочка. Перед полетом пульс у этих собак был 90 ударов в минуту, на первых минутах неве-

состоянии — 160, но уже к концу первого витка приходил в норму.

Однако отрицательное воздействие невесомости на организм человека, на деятельность его основных систем, поведенческие реакции исключать нельзя.

При изучении влияния невесомости на организм человека наибольшее внимание было обращено на сердечно-сосудистую систему и дыхание. Прекращение гидростатического давления крови на стенки сосудистого русла приводит к ее перераспределению.

Как прямо, так и опосредованно на состояние сердечно-сосудистой системы влияет резкое ограничение мышечной деятельности в невесомости. Об этих ухудшениях состояния сердечно-сосудистой системы космонавта сообщается как в советских, так и в американских публикациях. Учащается, а затем резко снижается частота сердечных сокращений, падает кровяное давление. В длительных полетах отмечается уменьшение объема сердца. Оно сокращается так же, как сокращается масса мышц неработающей руки. Специальные методы подтверждают нарушения в системе нейрогуморальной регуляции, изменения состава крови, тонуса глазной и поперечнополосатой мускулатуры. Особенно ярко эти показатели изменяются в первые 5—8 суток полета. Но со временем, на второй неделе полета, происходит значительная адаптация системы регуляции гемодинамики к условиям полета, условиям невесомости.

В космическом полете из-за гораздо меньшей физической напряженности снижается работа мышц, поддерживающих позу человека, работа мышц, направленная на преодоление земного притяжения, понижаются энергозатраты и уменьшается потребление кислорода организмом.

Ученые установили, что в длительных космических полетах почти у всех космонавтов нарушается водно-солевое равновесие и различного вида обмен веществ. Было отмечено вымывание из организма кальция — строительного материала скелета, что вызывало потерю костной массы. Американский исследователь Ч. Берри и советский ученый И. С. Балаховский обратили внимание на изменения, связанные с калиевым обменом в организме.

Для иллюстрации сказанного приведем данные об изменениях в состоянии организма членов экипажа вто-

рой экспедиции орбитальной пилотируемой станции «Салют-4» (П. И. Климук, В. И. Севастьянов). Эти данные приводит А. В. Береговкин с соавторами при описании результатов клинического обследования космонавтов до, во время и после шестидесятитрехсуточного полета.

На протяжении первого часа полета П. И. Климук чувствовал, будто его тело перевернуто, а в последующие два дня жаловался на вестибулярные нарушения, потерю аппетита. У В. И. Севастьянова отмечался прилив крови к голове, что приводило к одутловатости лица, исчезновению морщин на лице и пр. После полета вес тела космонавтов уменьшился на 5,3 и 5,8%. Отмечалось также уменьшение периметра симметричных участков конечностей, что говорит о диффузной гипотрофии мышц. Так, например, тонус двуглавой мышцы плеча уменьшился у членов экипажа на 6—10 условных единиц, бедра — на 7—8.

В периферической крови наблюдалось некоторое снижение эритроцитов, ретикулоцитов и гемоглобина. Для анализа состояния сердечно-сосудистой системы большое диагностическое значение имеет ее реакция на физическую нагрузку. Данный метод был использован и в полете. Проба проводилась на велоэргометре, выполняемая работа составляла 2100—2200 кг·м за 5 мин. У П. И. Климук прирост пульсового давления в полете был равен 25% (на Земле — 17%). Показатели артериального давления у В. И. Севастьянова в полете также были выше. Кроме этого, по мнению ученых, проводивших этот эксперимент, к особенностям реакции кровообращения на физическую нагрузку в полете надо отнести более низкие величины минутного объема крови, увеличение артериального давления и скорости распространения пульсовой волны по сосудам.

Результаты исследований, выполненные этим экипажем, показали, что в невесомости происходят заметные сдвиги в состоянии венозного кровообращения.

Но отмечаемые во всех длительных полетах нарушения, так важные для врачей при определении состояния здоровья космонавта, редко ощущались самими космонавтами и на первый взгляд непосредственно не влияли на их поведенческие реакции, возможности управлять кораблем и его системами. Другое дело — зрение, двигательный анализатор и т. д. Вот как, например, командир «Союза-3», дважды Герой Советского Союза, летчик-

испытатель Г. Т. Береговой, первый космонавт-психолог, кандидат психологических наук, описывает нарушения в двигательном анализаторе. Несмотря на хорошее общее состояние, что подтверждалось объективными показателями и данными докладов по радио, в первые часы полета космонавт зафиксировал некоторые особенности. Так, при выполнении целенаправленных движений он четко замечал невольную кратковременную паузу между «командным» и «исполнительным» элементами деятельности, воспринимаемую им как некую «остановку времени». Впервые это состояние было отмечено космонавтом сразу после выхода космического корабля на орбиту.

Примерно в эти же часы полета им отмечались и некоторые иллюзорные восприятия пространственного положения. Они возникали при закрытых глазах и в положении, когда голова находилась на ложементе. При этом космонавту казалось, что корабль начинает вращаться вокруг поперечной оси, забрасывая его ноги вверх. Иллюзии исчезали при напряжении мышц — при сильном упоре ногами в стенки корабля с помощью натяга привязных ремней. Космонавт как бы компенсировал силу веса, ее проявление силой напряжения собственных мышц. Этой силой он сам вместо веса давил на опору!

Сейчас космонавты уже знают, что этап адаптации к невесомости непродолжителен. «В 211-суточном полете,— говорил командир экипажа А. Н. Березовой,— через трое-четверо суток наступает полная адаптация». Это для сознания, для деятельности. А точнейшие механизмы организма, его биохимические, а порой и клеточные форпосты еще ее чувствуют, еще готовят к приспособлению целые системы.

Прежде чем перейти к описанию особенностей работы и жизни космонавта на орбите, кратко остановимся на характеристике этой деятельности.

Работа космонавта на орбите начинается с проверки функционирования систем космического корабля, показаний приборов и специальных сигнальных табло.

В поле внимания космонавта на данном этапе ведение связи и наблюдение за показаниями различных индикационных устройств систем управления и жизнеобеспечения. Большую часть времени занимает выполнение программы научных исследований, которые от полета к полету увеличиваются. Наряду с техническими и психоло-

гическими экспериментами планируется ряд медицинских и биологических исследований.

Осуществляются сложнейшие технические эксперименты. Впервые произведена сварка металла в космосе, выращивание кристаллов в условиях невесомости, метеорологические исследования. И наконец, выполнена целая технологическая операция — наращивание солнечной батареи. Эксперименты по фотографированию Земли, спектрографированию различных образований, новым видам связи. Экипажи основных экспедиций на станции «Салют-6», «Салют-7» принимали, разгружали транспортные корабли «Прогресс», проводили дозаправку кораблей прямо в космосе.

Почти все летавшие экипажи проводили вестибулярные пробы. Большое внимание летчика-космонавта, командира космического корабля обращается на системы управления полетом, выполнение основных задач полета и принятие решений, на действие экипажа в аварийных ситуациях. Полеты на космических кораблях и станциях типа «Восток», «Восход», «Союз», «Салют», «Меркурий», «Джемини», «Аполлон», «Скайлэб», «Шаттл» показали, что командир в условиях космического полета может успешно управлять угловыми движениями корабля.

Системы управления космическим кораблем имеют ряд особенностей. Процесс управления протекает медленно, причем наблюдается постоянный уход корабля из ориентированного состояния за счет остаточного ускорения. Так, В. М. Комаров в своих докладах с борта космического корабля «Союз-1» отмечал: «Некоторое время Солнце в центре секстанта-визира, затем плавно начало уходить по курсу, вправо и в 10 ч 5 мин т. е. через 3 мин, ушло из ВСК», и далес: «Солнце в центральном поле ВСК, 3° влево. Оно плавно перемещается к периферии, а сейчас вышло из поля зрения». Наличие остаточных ускорений требует постоянной коррекции корабля при минимальном расходе рабочего тела. Следовательно, оптимизация процесса управления космическим кораблем составляет важную техническую и инженерно-психологическую задачу космических полетов.

Уже на первых советских космических кораблях применялись два вида управления: автоматическое с использованием программных устройств и ручное. На ручное управление космонавт может переходить в случае отказа автоматической системы или же по командам с Земли.

Первые испытания ручной системы управления космическим кораблем в полете произвел Г. С. Титов. Во время космического полета корабля «Восток-2» на четвертом витке он в течение часа проводил ручную ориентацию и отметил хорошую управляемость корабля. Управлять кораблем легко, заметил он, можно его ориентировать в любом положении: направлять куда надо, и там, где нужно, приземлять. Корабль был послушен воле космонавта. В дальнейшем ни один космический полет не обходился без ручного управления. Особенно следует отметить ручную ориентацию корабля «Восход», которую В. М. Комаров впервые провел в тени Земли.

Анализ выполнения программ управления кораблем в полете показал, что надежность управления находится в прямой связи с уровнем психофизиологической подготовки космонавта.

Станции «Салют», «Скайлэб» посещаемые. Здесь повышается роль человека. По данным А. Н. Березового, в 211-суточном полете рабочий день продолжался с 8 до 23 ч, с небольшими перерывами на еду и занятия физкультурой. Кроме обычных, плановых, программных операций они с огромным удовольствием ухаживали за десятью видами растений (пшеница, овес, горох, огурцы, редис, кинза и др.), каждую свободную минуту проводили у иллюминатора. Командир управляет ориентацией транспортного корабля, стыковкой со станцией. Он же управляет расстыковкой и спуском. Именно эти операции позволили совершать по 2—3 экспедиции на одну и ту же станцию. Возможность выполнения сложных маневров позволила транспортным кораблям доставлять на станции экспедиции, благополучно возвращать экипажи на Землю, пополнять их ресурсы, доставлять продукты, топливо, почту.

Перед проведением ориентации корабля командир проверяет систему ориентации, на основе приборной и внекабинной информации воспроизводит пространственное положение корабля и лишь затем программирует деятельность — выдает команды.

Первое требование — хорошо воспринять информацию, правильно считать показания прибора, определить положение реперных огней, маяков на станции.

Зрение. Изменится ли зрительное восприятие в условиях невесомости? Этот вопрос, естественно интересовал

специалистов, занятых космическими исследованиями, прежде всего обеспечением пилотируемого полета. Интенсивное изучение этой проблемы в настоящее время проводится как в Советском Союзе, так и за рубежом. Данными этих исследований интересуются прежде всего конструкторы различных космических систем, а также врачи и инженеры-психологи.

До полетов в космос можно было лишь предполагать, что отсутствие гравитации в орбитальном полете вызовет некоторую деформацию глазного яблока, а это, в свою очередь, определенным образом скажется на функциональных возможностях глаза. Изменится форма глазного яблока, фокусное расстояние. Можно было также ожидать, что в состоянии невесомости глазодвигательный аппарат в большей или меньшей степени утратит выработанную в процессе жизни на Земле координацию движений, что приведет к нарушениям восприятия зрительных образов, к ухудшению глубинного зрения, способности к аккомодации и других функций глаза.

Но вот первые полеты выполнены. Что говорят космонавты?

Мы провели математический анализ субъективных отчетов космонавтов, т. е. определили угловые размеры различаемых ими на Земле предметов, и с удивлением отметили, то острота зрения в условиях орбитального полета превышает среднюю норму, однако это относится лишь к линейным, протяженным объектам (дороги, инверсионные следы самолетов и т. д.), применительно к которым острота зрения в условиях Земли также повышена. Следовательно, субъективный отчет космонавтов лишь ориентировочно может характеризовать состояние зрения в полете.

Как советские, так и американские космонавты отмечают, что поверхность Земли имеет тот же цвет, что и при наблюдении с высотных самолетов. Видны вспышки молнии, дымящиеся трубы, можно определить такие города, как Чарлстон, Гавана, Новый Орлеан и т. д. Купер наблюдал кратеры потухших вулканов, автомобили на дороге, кильватерные следы кораблей. Конрад видел самолеты в воздухе и т. д. П. И. Беляев наблюдал на орбите пролетающий искусственный спутник Земли. Тем не менее доклады космонавтов о зрительных возможностях на орбите трудно поддаются объективной оценке и поэтому не могут служить надежной основой

для выводов о состоянии зрительных функций в условиях длительной невесомости.

Эти сведения дают лишь ориентировочные представления о состоянии функции зрения в космическом полете.

Так, например, на основании субъективных отчетов космонавтов американские специалисты полагали, что искусственная среда космической кабины, длительно действующая невесомость, наблюдения из космоса сквозь атмосферу не только не ослабляют зрительные функции, но и значительно повышают их. К этим выводам необходимо относиться с осторожностью. Если принять за истину приведенные астронавтами космического корабля «Джемини-9» Стаффордом и Сернаном данные о их зрительных возможностях в полете, то получается, что разрешающая способность зрения на орбите может увеличиваться в 30—60 раз! С этой точки зрения интересен фрагмент магнитофонной записи радиообмена между астронавтами в этом полете: «Сернан. Я могу различить авиабазу Эдварс и острова. Стаффорд. Видишь самолет Г-4, поблизости от взлетно-посадочной полосы? Сернан. Да, вижу». Расчеты показывают, что в этих условиях увидеть отдельный самолет невооруженным глазом нельзя. То же можно сказать о наблюдении Коллинзом с лунной орбиты третьей ступени ракеты корабля «Аполлон», вращающейся по околоземной орбите.

Необходимо было провести объективное исследование влияния условий длительной невесомости на зрительные функции. В программу этих исследований, проводимых в реальном полете, мы включили методы изучения разрешающей способности зрительного анализатора, динамики зрительной оперативной работоспособности, особенностей восприятия человеком различных предметных цветов и контрастной чувствительности глаза.

На различных этапах полета космонавты В. М. Комаров, П. И. Беляев, А. А. Леонов, Б. Б. Егоров, Г. Т. Береговой, В. А. Шаталов, Б. В. Волынов, Е. В. Хрунов и А. С. Елисеев, А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов и другие провели ряд исследований разрешающей способности зрительного анализатора. Полученные результаты дают основание утверждать, что длительная невесомость не оказывает существенного влияния на остроту зрения космонавта.

Оперативная зрительная способность его, т. е. способ-

ность проводить опознание предметов, по их подсчетам, снижалась на 24—26%.

Интересные данные были получены при изучении динамики восприятия предметных цветов. Оказалось, что яркость всех цветов в невесомости резко снижена (25,5%), а самое большое снижение было отмечено у красного цвета. Да, если в космическом пространстве необходимо будет ставить светофоры, вряд ли красный цвет придется использовать как запрещающий, как цвет опасности.

Начиная с полетов космических кораблей «Союз» появилась возможность изучения динамики наиболее важной функции зрения: контрастной чувствительности. Этот показатель в невесомости также постепенно снижался, достигнув на четвертые сутки (к 67-му витку) величины порядка 40%. Затем контрастная чувствительность несколько улучшалась, но не доходила до фонового уровня.

Во время полета информацию, в том числе приборную, пилотажную, необходимую для управления кораблем, надо не только правильно «снять» с прибора, но и запомнить, чтобы через очень непродолжительное время оперировать с ней при включении двигателя, ориентации корабля. То есть ряд показателей космонавт должен сохранять в своей оперативной (по времени кратковременной) памяти, на основании этих показателей прогнозировать характер управляющей деятельности на некоторый отрезок времени вперед. Следовательно, оперативная память составляет основу психофизиологической структуры деятельности оператора. Поэтому в полетах космических кораблей нами было проведено исследование особенностей динамики оперативной памяти космонавта, сравнение ее с показателями, полученными в условиях Земли и учебного корабля.

Оказалось, что во время полета эта функция у космонавта снижается, не бывает такой надежной, как при наземных тренировках. Особенно резкие (на 22—25%) изменения этой функции фиксировались на первых витках.

Есть еще одна сторона деятельности человека, к которой изменение весомости тела имеет самое прямое отношение,— это движения, двигательная активность. Здесь, как говорят, отмечается специфичность раздражителя.

Как и во многих земных профессиях, нормальное функционирование двигательного анализатора обеспечивает

моторную фазу целенаправленного движения. Можно отметить, что выполнение командных действий, коррекция полученных результатов, осуществляясь благодаря сложному функциональному взаимодействию многих анализаторных систем, подразумевает главенствующую роль двигательного анализатора.

Действительно, будь то управление кораблем, радиосвязь, спектрографирование, фотографирование, сварка и другие операции — двигательный анализатор главенствующий в их выполнении.

В космическом полете в связи с потерей привычного для человека веса, исчезновением силы тяжести механорецепторы, т. е. датчики давления, по существу выключаются, возбуждаясь лишь при ускорениях, связанных с движением космонавта, его управляющей деятельностью. Безусловно, это должно затруднить пространственную ориентировку и сказаться на качестве командных двигательных импульсов. Приведем простой пример: поднимая рукой какой-либо предмет, мы по весу можем определить момент отрыва, направление передвижения предмета, необходимую коррекцию для целенаправленного передвижения его и т. д. При отсутствии веса это делается в основном лишь с помощью зрительного контроля. В условиях невесомости космонавт должен постоянно контролировать и корректировать свои движения, базируясь при этом на выработанных длительным опытом условно-рефлекторных связях, что повышает напряженность, оказывает отрицательное влияние на выполнение конкретных рабочих операций.

Другой пример. Вам нужно поднять большой булыжник. Вы напрягаете силы, беретесь за камень, резко отрываете его от Земли... и опрокидываетесь на спину. Камень-то оказался пемзой. Ваш мозг сформировал импульс для определенной работы, мышцы подготовлены, но... усилие оказалось чрезмерным. Так и в условиях невесомости!

Дело в том, что в невесомости на человека действует иная, чем в земных условиях, система сил. Если инерционные силы, которые возникают при ускорении движения частей тела, силы адгезии, т. е. силы прилипания разнородных тел, и упругие силы остаются практически неизменными, то сила веса полностью пропадает. В этих условиях двигательные навыки, сложные двигательные стереотипы, выработанные у человека в течение жизни

на Земле, мало помогают космонавту, наоборот, они мешают ему выполнять даже простые и знакомые движения. Подобные ощущения в той или иной степени знакомы каждому. Достаточно вспомнить, как мы в первый раз пытались управлять автомобилем или плыть по воде. На наше тело действовала новая, незнакомая система сил. Двигательный стереотип отсутствовал, каждое движение руки или ноги приходилось контролировать с помощью сознания, но внимания явно не хватает. Мышцы работают хаотично. Координация отсутствует. В этом случае человек инстинктивно выключает из движений основное количество мышц, переводя их в состояние ступора, т. е. фиксируя их напряженными мышцами-антагонистами, а управляет только малым числом сильных мышц. В результате движения становятся несколько угловатыми. Общее мышечное напряжение приводит к резкому возрастанию энергозатрат в организме. Из-за отвода большего количества тепла человек потеет. Быстро наступает усталость.

В ходе тренировок управление сначала сильными мышцами, а затем все более мелкими начинает происходить без участия сознания, как бы автоматически, машинально. Энергозатраты снижаются. Движения становятся экономичными, четкими. Это означает, что у человека на данную систему сил, к заданным движениям выработался двигательный стереотип, профессиональный двигательный навык. Как приятно смотреть на водителя-профессионала, который легко и непринужденно, неуловимо плавными движениями, не переставая разговаривать с вами, а порой даже решая какие-то ситуационные, не входящие в структуру его деятельности задачи, управляет автомобилем! А радист? Когда он передает радиogramму из цифр со скоростью 100—150—200 знаков в минуту! А ведь каждый знак состоит из пяти элементов точек и тире. Движения его пальцев с головкой ключа, как бы следуя какому-то внутреннему алгоритму, отбивают заданные цифры, лицо спокойно, мышцы расслаблены, дыхание ровное.

К выработке стереотипов надо стремиться при подготовке космонавтов. Ученые уже с первых космических рейсов стали изучать координационные возможности космонавта, его реакции в условиях невесомости.

Исследование координации движений при кратковременной невесомости с помощью специального прибора

координнографа проводили А. А. Леонов и В. И. Лебедев. Они показали, что в условиях невесомости у некоторых космонавтов скорость выполнения двигательных актов замедляется. Авторы отмечают, что указанный вид деятельности можно тренировать. В последующих полетах скорость выполнения заданной пробы была равна земной.

Много внимания изучению тонкокоординированной двигательной деятельности уделяли исследователи, изучавшие влияние стабильной невесомости на навык письма, устойчивость и индивидуальные особенности которого общеизвестны.

Так, например, при анализе почерка врача-космонавта Б. Б. Егорова в полете отмечено увеличение времени выполнения некоторых сложных элементов письма на 51%, при этом для написания более знакомых элементов (простых цифр, росписи) это увеличение составляло около 12%.

Из материалов изучения двигательного анализатора видно, что на первых порах ученые ставили бинарный вопрос, будет ли меняться двигательная координация в полете или нет, и получили вполне определенный ответ — да, в полете была отмечена дискоординация движения. Однако на основании полученных данных нельзя было сделать количественных выводов, которые позволили бы прийти к практическим рекомендациям. Это стало возможным при применении в полетах широкого методического комплекса, точной регистрационной аппаратуры для фиксации отдельных элементов двигательного навыка.

Больше всего зависят от нормального функционирования двигательного анализатора операции ручного управления кораблем. Ученые знали это, и поэтому на первых порах для необходимой надежности все ручные системы управления были задублированы автоматикой.

Однако уже первые испытания ручной системы управления кораблем показали, что космонавты не встречали особых трудностей в выполнении двигательных операций.

Но при этом анализ времени, затрачиваемого на выполнение операций управления, показал, что в начале полета на эти операции времени тратится больше, чем на последующих витках и чем на тренировках на Земле. Например, по нашим данным, на втором витке космонавт на движения, связанные с ориентацией корабля, за-

трачивал примерно в 2 раза больше времени, чем на Земле в учебном космическом корабле. То же отмечено и врачом экипажа при выполнении им медицинских манипуляций. Интересные изменения структуры двигательного навыка наблюдались в радиотелеграфной связи, проводимой, например, П. И. Беляевым в полете корабля «Восход-2». На первых витках полета тексты передавались медленнее, было отмечено большее количество ошибок.

Таким образом, анализируя субъективные высказывания космонавтов о некоторых затруднениях или, вернее, особенностях двигательной активности в полете, и объективные данные анализа профессиональных тестов, можно сделать вывод, что деформация двигательного навыка в полете происходит как по качеству, так и по времени выполнения действий. Эти изменения зависят от фазы космического полета, на которой данные операции выполнялись.

Для конструирования оптимальных систем управления пилотируемым космическим кораблем, расчета системы человек—машина в целом нужно знать реальную динамику показателей как машины, так и человека в условиях реальной среды. Поэтому для проверки указанных выше предположений и получения численных характеристик необходимо было в реальных условиях космического полета произвести комплекс специальных экспериментов с дозированными элементами двигательной деятельности. Какие же реакции прежде всего требовалось изучить?

В решении этого вопроса помог анализ структуры двигательной деятельности космонавта по управлению кораблем и его системами. Оказалось, что с возрастанием сложности систем управления значительно усложняется структура предъявления оператору командной информации. Например, на панели управления автомобилем несколько стрелочных приборов (скорость, наличие бензина, масла, температура охладителя), на обычном самолете их уже около 200, а на орбитальной станции «Салют» — около 2 тыс. (учитывая приборы, рычаги и кнопки управления). В то же время выполнение командной информации имеет тенденцию к упрощению. Так, в современных системах управления кораблем оно сводится к нажатию кнопок, включению-выключению тумблеров, отслеживанию сигнала и пр. Итак, прежде всего

следовало изучить следующие двигательные реакции космонавта в полете:

простую двигательную реакцию (время от момента появления единичного командного сигнала до начала реагирования на один тумблер или на кнопку);

реакцию с выбором (время реагирования на один из трех возможных сигналов);

реакцию прогнозирования (время реагирования на комплекс сигналов, поданных в определенном порядке);

реакцию слежения (рассогласование между траекторией движущейся метки и отслеживающим сигналом-ответом испытуемого).

Эксперименты по изучению этих реакций у космонавта в полете начались с запуска кораблей серии «Восход» и продолжались вплоть до последних космических рейсов.

Но для проведения этих исследований необходима была специальная аппаратура. Дело не в том, что указанные реакции ранее в полетах не измерялись. Это общепризнанные методы психофизиологического обследования. Существует и соответствующая аппаратура. Однако специфика и первых и последующих космических полетов определяет особые требования к исследовательской аппаратуре: ее весу и габаритам, автономности питания и регистрации полученных результатов. Кроме того, учитывая, что в проводимом нами исследовании космонавт одновременно выполнял функции экспериментатора и испытуемого, был разработан особый алгоритм проведения исследований. Совместно с нашими коллегами В. А. Поповым и Е. А. Ивановым нами были разработаны специальные приборы: РПС — регистратор процессов слежения и «Пальма» — портативный измеритель реакций — рефлексометр. Это компактные, легкие приборы.

Исследования показали, что в космическом полете время простых двигательных реакций космонавта-оператора не претерпевает изменений. То есть если космонавт выполняет функции простого передаточного звена (сигнал-реакция), он является надежным блоком полуавтоматической системы управления. При анализе более сложной реакции экстраполяции, прогнозирования, реакции, в реализацию которой включены высшие отделы центральной нервной системы, отмечается запаздывание. Так, на первых витках полета видно резкое повы-

шение времени реакции, которое держится на этом уровне в течение суток, и лишь на вторые сутки полета отмечается нормализация времени.

Более сложные изменения зафиксированы при анализе реакции слежения. Оказалось, что в различных условиях опыта качество деятельности человека по отслеживанию сигнала изменяется, но в допустимых пределах. Условия внешней среды (влияние факторов космического полета и, главное, невесомости) больше сказываются на управлении по сигналам с частотой выше 0,5 Гц.

Сравнивая амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики работы космонавтов, можно отметить, что качество отслеживания более высоких по частоте синусоидальных сигналов ухудшается. Так, например, заметные изменения амплитудно-частотных характеристик в полете наступают уже при работе с сигналом, имеющим частоту 3—4 рад/с. Фазо-частотные характеристики начинают изменяться с частоты входного сигнала порядка 1—2 рад/с, причем величина изменения в этом случае более выражена.

Детальное изучение функции слежения было проведено при полете космического корабля «Союз-9». Более жесткие условия полета в этом корабле (его объем по сравнению со станцией и более частые замеры функции слежения) позволили вскрыть ряд интересных особенностей в деятельности двух космонавтов, назовем их космонавтами А и Б.

Во-первых, самой критичной к факторам космического полета оказалась величина дисперсии времени реакции на пропорциональный сигнал. У оператора А она была в полете в 4, а у оператора Б почти в 3 раза больше, чем на Земле. Во-вторых, постоянная времени стандартной работы у обоих космонавтов в полете оказалась больше: у оператора А — в 2,7 раза, у оператора Б — в 1,28 раза.

На первый взгляд может показаться, что у космонавтов как величина дисперсии времени реакции на пропорциональный сигнал, так и другие величины существенно отличаются. Действительно, в среднем по перечисленным параметрам оператор А в полете ухудшает качество работы в 1,9 раза больше, чем оператор Б. Однако скорее всего это объясняется тем, что качество работы космонавта Б по абсолютной величине ниже, чем

у космонавта А, причем для фоновых данных в 2,62 раза, а в полете — в 2,7 раза. То есть на Земле и в полете оператор Б работал хуже, чем оператор А, примерно в одно и то же число раз (2,62—2,7), а следовательно, реакция на факторы космического полета у них была практически одинакова. Разница же между ними состоит в том, что, видимо, космонавт А по сравнению с космонавтом Б более квалифицированный оператор, качество работы которого до полета находилось на предельно-достижимом уровне и в полете могло изменяться лишь за счет действия неблагоприятных факторов. Качество же работы космонавта Б в космосе могло меняться как под влиянием факторов полета, так и в результате продолжающейся тренировки в работе с приборами.

На основе проведенного эксперимента можно сделать вывод, что в длительном космическом полете постоянная времени реакции оператора на единичное возмущение возрастает в 2,7 раза. Причем увеличение времени стандартной работы в ходе полета монотонно возрастает. По всей видимости, этот результат — следствие снижения как двигательной, так и психической активности космонавтов в связи с нарастанием общего утомления. Более понятна затянутасть процесса слежения космонавтами за единичной функцией спустя 40 мин после приземления. Растянутасть процесса на этом этапе может быть объяснена двумя факторами: во-первых, частичной дискоординацией движений, а во-вторых, снижением силы рук, отвыкших от «земных» усилий, что непременно должно приводить в соответствии с законами механики к движениям более медленным и менее резким.

Именно подобными изменениями в двигательном анализаторе космонавта в полете и недостатками в конструкции систем управления можно объяснить неудачную попытку лазерной связи во время полетов кораблей «Джемини-6», «Джемини-7». Командиры этих кораблей при помощи лазерного луча пытались установить связь с земным корреспондентом. Однако точность прицеливания, удержание луча в заданных допусках не были соблюдены, было нарушено отслеживание корреспондента, и поэтому слышимость оценивалась специалистами как нулевая. Нарушения в двигательном анализаторе не позволили также выполнить стыковку («Джемини-10»),

изменить программу ремонтных работ в первой экспедиции орбитальной пилотируемой станции «Скайлэб» и другие операции.

Рассмотрим работу второго пилота «Джемини-11» Ричарда Гордона. Он должен был укрепить свободный конец троса на направляющем штыре спутника. И эта простейшая операция заняла у него в 72 (!) раза больше времени, чем в наземных тренировках. Именно дискоординацией движений в условиях невесомости, еще неполной адаптацией организма к ее проявлениям можно объяснить ухудшение состояния здоровья экипажей космических кораблей типа «Шаттл» и отдельные неудачи в их работе на первых витках космического полета.

Нужно сказать, что некоторые факторы, свойственные невесомости, полезны для деятельности человека. Приведем пример.

Огромная масса спутника, подрагивая антеннами различного назначения, покрытая чешуей солнечных батарей, повисла над заданной точкой Мирового океана. Спутник собирает информацию для океанологии. Ею забиты все машинные ячейки памяти. Почти иссяк запас пленки, энергии... К спутнику подходит транспортный корабль. Вытянута длинная шестнадцатиметровая рука системы бортовых манипуляторов. В кабине корабля человек. Он работает с манипулятором. Захват! Легкий поворот руки, и десятки земных тонн легко переносятся в помещение корабля. Спутник заправляется новыми запасами и снова легко выносятся на орбиту. Да, каботажные работы облегчены, но затруднения с тонко координированной операторской деятельностью остаются.

Авторами совместно с коллегами был проведен широкий комплекс модельных экспериментов на Земле, основная цель которых — исследование методов оптимизации операторской деятельности космонавта. А следовательно, первоначально надо было иметь точные цифровые показатели ее дистракции на различных этапах полета.

Уже первые исследования работоспособности, проведенные в условиях моделирования программ различных по длительности полетов, показали ухудшение качества деятельности испытуемых именно на первых витках. В дальнейшем уровень этих изменений в большинстве слу-

чаев снижался, а в некоторых экспериментах повторялись фоновые результаты.

Анализ реальной деятельности человека в полете подтвердил, что, несмотря на удовлетворительное состояние космонавтов в полете и в основном полное выполнение полетных программ, на первых витках полета были отмечены факты нарушений, особенно двигательных элементов профессиональных навыков. Так, например, командир корабля «Джемини-3» Гриссом на первом витке пытался произвести маневр, который позволил бы второму пилоту Янгу наблюдать за обращающейся по орбите второй ступенью ракеты-носителя. Эксперимент не удался.

В полете космического корабля «Джемини-4» на первом и в начале второго витка космонавт Макдивитт в течение часа пытался сблизиться со второй ступенью ракеты-носителя. На эту операцию он истратил половину рабочего тела, так и не достигнув нужного результата. Ему запретили дальнейшее сближение. В связи с перерасходом топлива от вторичного сближения и от экспериментов по маневрированию на 30-м и 45-м витках руководители полета отказались. Как было установлено, кроме ошибок в управлении (слежение), космонавт неправильно оценил расстояние до цели (фактически было 600 м, а по его определению — 120 м).

Еще более яркий пример — деятельность командира космического корабля «Джемини-10». Для обеспечения стыковки с ракетой «Аджена-10» командир корабля Янг на втором витке полета произвел маневр. С большим трудом стыковка была проведена, но космонавт израсходовал топлива в 2 раза больше, чем намечалось. Перерасход топлива произошел на конечном этапе наведения, где в двигательной структуре операции преобладают мелкие, тонко координированные движения рук. В том же полете на 30-м витке тот же космонавт произвел стыковку с ракетой «Аджена-8», израсходовав лишь 87% топлива, положенного для осуществления маневра (90 из 103 кг).

В приведенных выше экспериментальных данных ярко проявляется также фазность в состоянии психофизиологических функций космонавта. Наиболее тяжелая для космонавта первая фаза — фаза адаптации. Длительность ее применительно к психофизиологическим функциям по полетным объективным и субъективным пока-

зателям составляет 17—30 витков полета, т. е. около двух суток. Затем наступает фаза стабильной работоспособности. Работоспособность выравнивается. В то же время сердечно-сосудистая и другие системы организма только-только начинают привыкать к новым условиям. Пройдет еще 5—7 дней, и тогда врачи перестанут наблюдать признаки острой адаптации организма к невесомости.

Но, вероятно, в динамике психофизиологических функций космонавта в полете существует и третья фаза (фаза прогрессивного падения работоспособности), однако время ее начала в осуществленных до настоящего времени полетах, даже таких длительных, как полет А. Н. Березового и В. В. Лебедева (211 суток) установить не удалось. В этом «повинна», и об этом будет сказано ниже, система профилактических мероприятий, которые проводятся с космонавтом до полета, и на различных его этапах — система профилактики неблагоприятного воздействия длительной невесомости.

Очень ярко проявлялись изменения деятельности в адаптационной фазе при полете одного из авторов на ПКК «Союз-4». Так, в задачу метеорологических наблюдений входило фотографирование облаков, облачных скоплений, горизонта. Когда проводилось наблюдение через иллюминатор, фотоаппарат все время был в руках. Но сделать снимок оказалось не просто. Захочешь сфотографировать какую-нибудь точку, наведешь аппарат, а интересующий объект уже на краю кадра. Небольшое, незаметное движение, коррекция, и объект вышел из кадра, значит, командный импульс мышцам для этой коррекции был чрезмерным. В конце вторых, на третьи сутки этого уже не случалось.

В полетах американских астронавтов по программе «Шаттл» около половины из них страдали болезнью движения — укачиванием. Появлялись тошнота, рвота, неумолимое желание забраться в угол и не двигаться. На первой фазе полета, что тоже можно опосредованно связать с состоянием членов экипажа, чаще отказывало оборудование, не выполнялись отдельные элементы программы.

Безусловно, данные полетных экспериментов имеют большое значение для изучения особенностей действия невесомости на организм человека. Но получение их — достаточно трудная проблема.

Поэтому с момента подготовки первого космического рейса и до настоящего времени ученые предпринимают всевозможные попытки для воспроизведения не существующей в реальных условиях Земли невесомости, вернее, ее биологических эффектов. И таких имитационных моделей предложено очень много, правда, не все они отвечают задачам моделирования деятельности космонавтов.

Можно выделить три основных класса моделирования, при которых воссоздаются биологические эффекты невесомости:

уменьшение эффекта влияния силы тяжести на организм;

создание переменного действия силы тяжести на организм;

имитация отдельных эффектов невесомости с помощью биологических приемов.

К первому классу относится погружение человека в жидкость с удельным весом, близким к среднему удельному весу тела. При этом происходит почти идеальное распределение действия силы тяжести на поверхность жидкости, соприкасающейся с телом. Кроме того, в соответствии с законом Архимеда на тело действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости. Именно этим изменением характера действия сил на тело и удается имитировать некоторые физиологические эффекты воздействия невесомости.

К данному классу относится также моделирование эффектов действия невесомости при длительном горизонтальном положении тела. В этом случае удастся снять действие силы тяжести вышележащих отделов тела на нижележащие, что приводит к снижению деформации тела, напряжению мышц, нагрузки на кости. При постельном режиме человек меньше двигается, у него снимается гидростатическое давление. Все это снижает потребление кислорода и нагрузку на сердечно-сосудистую систему.

Далее, этот класс включает и способы частичной имитации влияния невесомости с помощью использования специальных стендов пониженной опорной реакции.

Ко второму классу относятся такие методы, как вращение на центрифуге и создание перегрузки до одной единицы в направлении «таз—голова». В этом случае можно получить эффект перераспределения крови от

нижней половины тела к верхней, что может служить причиной ряда субъективных ощущений, свойственных невесомости. И наконец, к третьему классу можно отнести частичную иммобилизацию отдельных участков тела.

Однако эта классификация, во-первых, не охватывает все используемые способы, а во-вторых, многие из приводимых методов хоть и имеют значение для изучения влияния невесомости на организм человека, но не могут быть использованы для получения характеристик деятельности, поведенческих реакций. Действительно, при соблюдении строгого постельного режима исключается активная деятельность, при погружении в жидкость — во время работы человек опирается на воду — пропадает эффект безопорности космического пространства и т. д.

Мы остановимся на трех методах моделирования невесомости, которые широко применялись нами для характеристики поведенческих реакций человека в этих условиях:

- использование кратковременной невесомости при полете в самолете по параболе Кеплера;

- использование стендов безопорного положения;

- использование гипноза для создания постгипнотической модели невесомости.

Использованию параболы Кеплера в самолете для создания кратковременной невесомости предшествовали попытки ученых создать невесомость в скоростных лифтах, устройствах типа «римской башни» и др. Как в том, так и в другом случае использовался эффект свободного падения. Например, в США использовались башни высотой 120 м; время действия невесомости (безусловно, для исследования физики этого состояния) достигало 3 с.

Более широкие возможности в этом плане открывает использование летательных аппаратов. Так, еще до второй мировой войны итальянским летчиком Ферри и известным исследователем, авиационным врачом и летчиком Дирингсхофеном были опубликованы данные о потере веса в полете на 5—10-й с. Эти данные были подвергнуты анализу, отработаны наиболее оптимальные параметры полета. Сейчас, используя полеты по параболе Кеплера, это время можно увеличить до 30—50 с. Наибольшая продолжительность невесомости при полете

на самолете (около 90 с) была достигнута известным советским летчиком-испытателем Г. К. Мосоловым.

Безусловно, это был сдвиг в методике изучения невесомости и ее влияния на организм человека и животных. Однако видимых и конкретных перспектив для изучения состояния и динамики работоспособности человека он не дал. За такое короткое время организм не мог не только адаптироваться к указанным особенностям, а даже воспринять те сенсорные ограничения, которые ими диктуются, выработать рациональные методы реагирования на них.

Но, несмотря на кратковременность невесомости и ее нестабильность, создаются условия и для ознакомления с ней космонавтов, и для проигрывания наиболее сложных и ответственных операций. В последнем случае операция разбивается на ряд последовательных этапов, каждый из которых проводится в отдельном режиме невесомости, которые космонавты называют горками. Весь вид работы, вся операция как бы набирается из этих кратковременных, тридцатисекундных отрезков времени. Но недостаток остается — время моделирования слишком мало.

Этот недостаток компенсируется с помощью тренажеров со стендами безопорного положения. Они основаны на «вывешивании» тела оператора и его отдельных частей с помощью специальных подвесок.

Третий способ моделирования условий невесомости для изучения психофизиологических характеристик деятельности космонавта, его операторских возможностей был предложен авторами совместно с Л. П. Гримаком. Остановимся на нем подробнее.

Ощущения изменения реального веса тела, как его повышения, так и снижения, встречаются в повседневной жизни человека нередко. Значительные, хотя и очень кратковременные колебания весомости ощущаются при полетах на самолетах, в скоростных лифтах, в бассейнах, и в особенности во время различных прыжков. Так, например, при рекордном прыжке В. Брумеля невесомость продолжалась около 1 с.

В психиатрической практике известны случаи, когда больные переживают иллюзии изменения собственного веса вплоть до полной невесомости. Логично допустить, что эти случаи так называемых гравитационных иллю-

зий возникают вследствие временной активизации в коре головного мозга тех следов, в которых запечатлен приобретенный опыт субъективных ощущений при кратковременных изменениях веса тела. А раз это проявляется в состоянии психической депрессии, то непременным условием такой активации является недостаточность контроля и регуляции со стороны высших психических функций в данный период.

Нельзя ли на этом основании произвольно, без вреда для организма целенаправленно производить активацию именно этих, нужных нам следов (или, как говорят психологи, энграмм)?

Для экспериментальной проверки наличия у взрослого человека этих энграмм и выяснения их действительности при соответствующей активации была проведена серия специальных опытов с репродуктивным внушением различных гравитационных воздействий в гипнотическом состоянии. В экспериментах участвовали 12 испытуемых в возрасте 20—22 лет, не имеющих нарушений опорно-двигательного аппарата. Каждый из них имел опыт обычных полетов на самолетах, прыжков в воду с вышки, спусков на скоростных лифтах (ситуации, в которых имеют место кратковременные состояния невесомости).

Непременное условие, которому должны были удовлетворять испытуемые,— высокая степень их гипнабельности. Формула гипноза в экспериментах строилась на основе воспоминания ранее пережитой ситуации, например: «Сейчас вы в скоростном лифте. Он стремительно спускается (поднимается). Ваше тело, все органы стали во столько-то раз легче (тяжелее)». После этого испытуемому предоставлялась возможность с открытыми глазами стоять, передвигаться. Шла постоянная запись электрофизиологических функций.

У всех испытуемых при репродуктивном внушении частичной невесомости наблюдались весьма характерные изменения статической позы: осанка уплощалась, нередко испытуемый приподнимался на носках, его руки несколько сгибались в локтевых суставах и отходили от туловища. Эти особенности позы сохранялись и при ходьбе, которая осуществлялась в замедленном темпе с ограниченным биодинамическим участием рук.

Словесный отчет испытуемых (в ходе эксперимента и после него) подтверждает, что они действительно ощу-

щали необычайно приятное состояние легкости, пониженной весомости тела, что делало их движения плавными и свободными. Нередко это субъективное переживание сопровождалось мимикой удовольствия и улыбкой. Иногда, как и в реальной невесомости, отмечались жалобы на умеренную слабость, неустойчивость при стоянии и ходьбе, головокружение и подташнивание.

Сравнительный анализ основных биомеханических характеристик произвольных движений, исследование вегетативных реакций соответствовали (конечно, с некоторым поправочным коэффициентом) реальным характеристикам. Испытуемые не чувствовали веса, при длительном сохранении необычной позы не жаловались на боли, спали с поднятыми (как будто всплывшими) руками и ногами, не боялись падения (во время отдыха испытуемых приходилось все-таки привязывать к койкам; ведь вес их не пропал, они только не чувствовали его и при падении могли получить травму).

Как показали исследования, субъективные переживания сниженной весомости (гравитационная гипостезия) существенно сказываются, как и в реальном полете, на динамике сердечно-сосудистых реакций, состоянии мышечной системы, а также на поведенческих реакциях. Читая данный раздел книги, нужно помнить, что человек, который находится в состоянии гравитационной гипостезии,— активно бодрствующий человек, т. е. он находится в фазе постгипнотической реализации заданного внушением состояния.

Этот способ моделирования биологических эффектов невесомости имеет ряд положительных сторон. Как было выявлено в наших экспериментах, однократное внушение потери веса может держаться в течение месяца (более длительные эксперименты с гипнозом мы не ставили), что позволяет моделировать программы длительных космических полетов. Кроме этого, данный способ позволяет путем внушения параллельно моделировать различные психические состояния оператора: психическая напряженность, эмоциональное напряжение, эмоциональный стресс и т. д.

Ниже мы расскажем о некоторых результатах подобных экспериментов.

Исследование операторской деятельности при моделировании программ длительных космических полетов проводилось в разных по времени экспериментах от трех

до 70 суток. Однако основная масса экспериментов проводилась в 10—30-суточных опытах. Именно эта длительность эксперимента позволила получить достоверные факты о становлении того или иного профессионального навыка, об изменении различных психофизиологических функций. Более длительные единичные эксперименты ставились для исследования стабильности изучаемых функций и навыков в условиях нарастающего профессионального утомления при моделировании программ нормально протекающего космического полета.

В наших экспериментах мы рассматривали состояние отдельных каналов связи человека, механизмы прогнозирования и приема решений, а также различные характеристики моторной деятельности оператора. То есть было получено много экспериментального материала, не зависящего от неуправляемых условий космического эксперимента. Мы могли прекратить «полет» на нужном нам этапе, ужесточить или, наоборот, облегчить условия работы экипажа, вводить отказы техники и т. д. В результате были подтверждены полученные в реальном космосе материалы, сформулированы новые мнения и взгляды на действие факторов космического полета.

Так, мы пришли к заключению, что каналы связи оператора, зрение, слух, тактильный анализатор в условиях моделирования нормально протекающего космического полета действуют почти в пределах нормы и могут надежно функционировать в общей структуре управляющей деятельности космонавта.

Определенные изменения были отмечены при реализации команд, т. е. в состоянии двигательного анализатора.

В настоящее время установлено, что в орбитальных полетах после периода адаптации у космонавтов наступает снижение частоты сердечных сокращений. Однако на фоне более редкого пульса в невесомости, как показал статистический анализ, значительно увеличиваются среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации по сравнению с исходными данными. На этом основании высказано предположение, что невесомость оказывает специфическое воздействие непосредственно на сердечно-сосудистую систему, усиливая ее рефлекторные реакции на различные внешние и внутренние раздражения.

В наших экспериментах с внушенной гиповесомостью, как показал анализ, частота пульса в течение многосуточного «полета» значительно урежается. На всех этапах эксперимента, особенно в его начале и перед окончанием, отмечается брадикардия, т. е. снижение частоты сердечных сокращений, которые доходили до 40 уд/мин. Эксперименты показали также повышенную в условиях постгипнотической гиповесомости реактивность сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку, что отмечалось и в полете. Характерно, что на фоне повышенной реактивности сердечно-сосудистой системы способность к максимальным мышечным усилиям при внушенной невесомости с течением времени последовательно снижается и несколько повышается в период реадаптации, которая, как и после реальной невесомости, наступала по окончании экспериментов. Отмечается также снижение кровяного давления.

Подобные вегетативные изменения, которые наблюдались и в реальных полетах, проходят на фоне более низкого уровня энерготрат в покое, но с большими его колебаниями при дозированной физической нагрузке. После таких опытов у испытуемых нарушается устойчивость позы при стоянии, походка напоминает морскую.

* * *

Мы привели в этой главе ряд материалов, характеризующих состояние космонавта в орбитальном полете, влияние факторов полета на надежность работы космонавта, а также методы моделирования этого этапа полета в условиях Земли. Эти материалы позволяют представить общую концепцию, связанную с ролью человека в управлении космическим кораблем, необходимостью его использования в этих системах. Однако при этом следует учитывать, что на отдельных этапах полета факторы невесомости нарушают надежные характеристики деятельности экипажа, которые требуют специальных видов тренировок, защиты человека от неблагоприятного воздействия условий полета. Об этом речь пойдет ниже. В заключение хочется еще раз подчеркнуть, что, как в любом виде труда на Земле, человек — основное надежное звено управления кораблем на разных этапах космического полета, при выполнении задач различной сложности.

В открытом космосе

Особая одежда, с запасом кислорода и поглотителями человеческих выделений, дает нам возможность вылезть наружу из жилища.

Верха и низа не существует. Пока человек не привык, верх кажется над головой, а низ под ногами.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

18 марта 1965 года в 11 ч 30 мин по московскому времени был запущен советский космический корабль «Восход-2» с экипажем в составе командира корабля летчика-космонавта П. И. Беляева и второго пилота летчика-космонавта А. А. Леонова. Во время этого полета летчик-космонавт А. А. Леонов впервые в истории вышел из корабля в космическое пространство для проведения работы и экспериментов в открытом космосе. Это был выдающийся успех в исследовании и освоении космического пространства.

Прошли годы. Космонавты много раз выходили в открытое космическое пространство, работали в нем по программе «Союз» и «Джемини», «Аполлон» и «Салют».

14 мая 1973 года на круговую околоземную орбиту была запущена многоцелевая и долговременная станция США «Скайлэб». Станция должна была существовать на орбите около 8 месяцев. На ней должны были проработать три экипажа. Были затрачены сотни миллионов долларов, огромный труд больших коллективов ученых. Планировалось получить ответы на многие вопросы, в том числе на главный — как действует на человеческий организм длительная невесомость. Но при выводе станции на орбиту была разрушена метеоритная и тепловая защита станции. Заклинённая осколком метеоритного экрана, не раскрывалась одна из солнечных батарей. Солнце накаляло станцию. Температура внутри станции повысилась, прогнозировалась нехватка энергии. Запуск первого экипажа был задержан.

Вся надежда оставалась на уникальные адаптивные возможности человека. Его творческие решения. Следо-

вательно, надо было лететь к станции, осмотреть ее, отремонтировать. Вспоминаются слова С. П. Королева: «Летая в космосе, нельзя не выходить в космос, как, попадая в океан, нельзя не уметь плавать».

На высоте около 400 км астронавты неоднократно выходили в открытый космос, успешно провели сложные ремонтные работы. Была освобождена и раскрыта солнечная батарея. Вместо разрушенной тепловой защиты поставлен доставленный с Земли экран. Работоспособность станции была восстановлена.

А вот в полете В. Ляхова и А. Александрова на станции «Салют-7» впервые были проведены монтажные работы — наращивание солнечных батарей, основной энергетической базы станции. В этом полете на основную панель солнечных батарей по бокам были навешаны две дополнительные, что более чем наполовину увеличило мощность всего комплекса.

Сложная операция. Ее долго готовили на Земле, в условиях гидроневесомости, оттачивали алгоритм деятельности экипажа, руководителей полета и, в частности, технических руководителей этого эксперимента.

Дополнительные панели солнечных батарей на станцию были доставлены кораблем-спутником «Космос-1443». Двум этапам работы соответствовали два выхода в открытый космос. Первым выходил Александров. Почти 6 м отделяли его от монтажного места. Были разложены и закреплены инструменты, стыковочные узлы. Закрепляя ступни ног в так называемых якорях — скобах на поверхности станции, работая с лебедкой, оба космонавта прикрепили батареи. Операция была выполнена. Выполнена в интересах программы полета, в интересах его безопасности.

Рассмотрим другую ситуацию. На космическом объекте авария, которая связана с нарушением функционирования его внешних систем. Может ли человек, находясь в относительно безопасной обстановке кабины космического корабля, для ликвидации неисправности использовать специальные автоматы. Безусловно, может. С одной лишь оговоркой: если он будет знать еще до запуска этого космического объекта, что откажет именно эта деталь, именно этот процесс потребует для своего нормального функционирования внешнего вмешательства. Но это неправдоподобно. До полета космического корабля «Аполлон-13» его экипаж тренировали к

ликвидации более тысячи отказов, а в полете случилось непредвиденное.

Поэтому задачи будущих исследований космоса уже на стадии экспериментов тесно связываются с возможностью и необходимостью работ космонавтов на орбите вне корабля, в открытом космосе. В полете космонавт должен выходить в космос и ремонтировать наружные системы пилотируемых и автоматических аппаратов, он должен обслуживать научно-исследовательскую аппаратуру и ставить эксперименты. В конце концов экипаж должен быть готов выйти в космос и оказать помощь другому кораблю, терпящему бедствие на орбите. И это еще не все.

С развитием космических исследований эти задачи, безусловно, будут расширяться. Так, в СССР непосредственно после первых успешных орбитальных полетов стал готовиться полет космического корабля «Восход-2», в программу которого был включен первый выход человека в открытое космическое пространство.

При подготовке этого полета один из авторов был дублером А. А. Леонова, а второй вел биомеханическую подготовку. Мы пытались разыскать хоть какую-нибудь информацию о деятельности человека в подобных ситуациях. Пересмотрели физиологическую, психологическую, спортивную литературу. Но даже у фантастов не нашли описания случая выхода космонавта в космос или нечто подобное. И только гениальный ум К. Э. Циолковского, его удивительное научное предвидение подсказали ему важность и необходимость подобной операции, и он описал состояние человека, вышедшего в открытый космос.

В повести К. Э. Циолковского «Вне Земли» мы читаем об ощущении героя: «Когда открыли наружную дверь и я увидел себя у порога ракеты, я обмер и сделал судорожное движение (психологический барьер.— Прим. авт.), которое и вытолкнуло меня из ракеты. Уж, кажется, привык я висеть без опоры между стенами этой каюты, но когда я увидел, что подо мною бездна, что нигде кругом нет опоры, со мною сделалось дурно, и я опомнился только тогда, когда вся цепочка уже разматалась и я находился в километре от ракеты».

А вот слова А. Леонова из его послеполетного отчета: «...те 20 минут, которые мне довелось пробыть в условиях космического пространства, в том числе вне ко-

рабля 12 минут, были «изюминкой» полета корабля «Восход-2». Это я понимал и делал все необходимое, чтобы ни одна секунда не пропала даром».

И далее: «Что же касается так называемого психологического барьера, который якобы должен был явиться непреодолимой преградой человеку, собирающемуся встретиться один на один с космической бездной, то я его не только не ощутил, но даже забыл о том, что он может быть вообще. Некогда было о нем думать». И снова хочется подчеркнуть, что активная человеческая деятельность, базирующаяся на высших отделах головного мозга, является ведущей при характеристике состояния человека в неадекватных, непредвиденных условиях.

Открытый космос... Появляются, помимо отрицательных факторов, действующих на человека в корабле, летящем по орбите, новые вредоносные факторы. Те, которые действовали на космонавта в обжитой кабине космического корабля, усиливаются, проявляют себя в полной мере. Человека надо защищать, надо сохранить его работоспособность.

Вот что писал по этому поводу К. Э. Циолковский: «Особая одежда, с запасом кислорода и поглотителями человеческих выделений, дает нам возможность вылезть наружу... Устраиваются эфирные скафандры (одежды) для безопасного выхода из ракеты в эфир...»

«Особая одежда» есть не что иное, как современный космический скафандр — индивидуальное снаряжение космонавта, обеспечивающее ему условия жизнедеятельности и работоспособность в космическом пространстве.

Конструкция современного скафандра должна отвечать многим требованиям технического, медико-биологического и инженерно-психологического характера и должна сочетаться с физиологическими особенностями человека и его физическими возможностями.

В зависимости от применяемых материалов скафандры могут быть «мягкие» — изготовленные из различных тканей и «жесткие» — из металла, сплавов, стеклопластика и пр., могут быть скафандры «полужесткие», например «жесткий» корпус и «мягкие» брюки. Не вдаваясь в обсуждение преимуществ и недостатков каждой из этих конструкций, остановимся несколько подробнее на скафандрах «мягкого» типа, так как до сего времени именно они чаще применялись в практике космических

полетов. В этих скафандрах космонавты проводили работы вне корабля и на поверхности Луны. Можно с уверенностью сказать, что в будущих космических полетах эти скафандры не потеряют своего значения.

Скафандры «мягкого» типа, предназначенные для работ в открытом космосе, многослойные, что определяется требованиями герметичности, теплоизоляции, метеорной защиты и пр. Поэтому они и тяжелые. Например, скафандр для экипажа корабля «Джемини» весил более 14 кг. Кроме нательного белья для астронавта (хлопчатобумажная ткань) он имел герметизирующий слой из нейлона с упрочняющей сеткой, теплозащитный слой (семь оболочек с прокладками), противометеорный слой (войлок) и внешний слой из белого нейлона. На космонавта еще надевают гермошлем, перчатки, обувь. Так что в условиях Земли космонавтам работать было бы тяжело.

Если космонавту надо пользоваться установками передвижения, то скафандр надо защитить и от раскаленных газов, истекающих от сопел двигателей. А это уже жаростойкие металлы — дополнительные нагрузки! Кроме этого, в оболочках скафандра предусматриваются места для расположения медицинских датчиков, регуляторов давления, электроразъемов, места крепления фала и пр.

Гермошлем скафандра изготавливается из прочных и легких материалов (алюминиевые сплавы, стеклопластик и пр.). Он может быть полностью прозрачным или с встроенным иллюминатором, обеспечивающим обзор окружающего пространства. Угол обзора в гермошлеме современной конструкции составляет 120—150° в вертикальной и 170° в горизонтальной плоскости. Стекло иллюминатора сдвижное, на внутреннюю поверхность стекла может наноситься специальное покрытие, препятствующее конденсации выдыхаемых космонавтом паров воды при резких перепадах температуры (переход «свет — тень» на орбите). Кроме этого, над основным иллюминатором монтируется дополнительный козырек для защиты от метеорных частиц и светофильтр.

В гермошлеме подается кислород, вводятся каналы связи. А при длительном пребывании космонавта в скафандре без его разгерметизации в гермошлеме могут быть размещены даже запасы воды и пищи.

Перчатки выполняются съёмными или заодно с комбинезоном скафандра. При работах в открытом космосе

теплозащита перчаток должна обеспечивать возможность работы с сильно нагретыми и охлажденными предметами (от $+120$ до -168).

Обувь космонавта приобретает особое значение при исследованиях на поверхности Луны и планет. В этом случае она должна быть удобной для передвижения, по возможности легкой, не должна скользить, должна защищать ноги от перегрева при контакте с поверхностью планеты. В случае работ в открытом космосе обувь, как и другие детали скафандра, должна обеспечивать теплозащиту и герметичность.

Особое значение для работ в открытом космосе и на поверхности Луны и планет имеет подвижность космонавта в скафандре. Причем если при работе на поверхности Луны и планет должна быть обеспечена высокая подвижность торса, верхних и нижних конечностей, то несколько иначе обстоит дело с работами в открытом космосе в условиях невесомости.

В условиях невесомости в открытом космосе основная доля двигательной активности (даже перемещение) в основном приходится на верхние конечности космонавта. Поэтому обеспечение достаточной свободы движений в плечевом и локтевом суставах, подвижности кисти и пальцев рук является особой заботой разработчиков космических одежд. Почему подвижности придается такое значение?

Чем меньше подвижность в скафандре, тем больше усилий тратит космонавт на преодоление сопротивления скафандра, тем быстрее он устает, тем больше потребление кислорода и выделение тепла при выполнении операций.

Подвижность «мягкого» скафандра определяется его конструкцией и величиной давления под герметической оболочкой (величиной «наддува» скафандра). Применение гибких и эластичных материалов и специальных сочленений в подвижных местах улучшает подвижность скафандра. Существенное влияние на подвижность оказывает и величина «наддува» скафандра, у современных моделей имеющая значение $0,25-0,4$ кг/см².

Как известно, в кабине принято поддерживать давление $760-800$ мм рт. ст., температуру $17-22^{\circ}$, относительную влажность $47-70$ %, парциальное давление кислорода $150-180$ мм рт. ст., а концентрацию кислорода — $21-25$ %, углекислоты — около 1 %. Поэтому скафандр—

своеобразный корабль в корабле при авариях или при выходе в открытый космос — должен создавать те же условия.

Первый скафандр, в котором летал Ю. А. Гагарин, был вентиляционного типа. Он состоял из трех оболочек, как бы из трех отдельных комбинезонов. Внешняя — силовая, защитная, вторая — герметическая и, наконец, теплоизолирующий костюм с вентиляционной системой. Поверх всего этого надевался декоративный костюм ярко-оранжевого цвета с надувным воротником (для случая, если космонавт будет приводняться). И вот это устройство необходимо было проверить на надежность во всех мыслимых и немыслимых условиях, которые могли встретиться в открытом космосе.

Наиболее ответственные, завершающие испытания — катапультирование человека в скафандре. Инженер В. Головин провел их на специально оборудованном самолете ИЛ-28 на высоте 7000 м.

Скафандр принципиально новой конструкции был использован Г. М. Гречко. Когда у руководителей полета станции «Салют-6» возникло опасение, что во время предыдущей стыковки станции с кораблем «Союз-25» был поврежден стыковочный узел, было принято решение проверить это. Потребовался выход в открытый космос через стыковочный узел. Его осуществил Г. М. Гречко. Выход продолжался 1 ч 28 мин. В этом случае было необходимо, чтобы руки космонавта были свободны для работы, и поэтому использовался скафандр полужесткого типа, с жестким металлическим корпусом, так называемой кирасой, составляющей единое целое со шлемом и ранцевой системой жизнеобеспечения (запасы кислорода, воды, система связи). На шлеме имеется сдвижной светофильтр. Рукава и брюки такого скафандра мягкие. Органы управления находятся на груди. Этот скафандр очень просто надевается: для этого требуется чуть больше 2 мин.

Белье космонавта пронизано трубочками, заполненными водой с регулируемой температурой, — так достигается теплорегуляция внутри скафандра, а снаружи имеется многослойная теплозащитная оболочка, своеобразный многослойный термос.

Скафандр защищает человека от всех вредных факторов космического полета, но в то же время он затрудняет работу космонавта. Поэтому необходимо дополни-

тельное обучение, дополнительные тренировки. О том, как проводится подобная работа, мы расскажем на примере подготовки к полету экипажа и дублеров корабля «Восход-2», в ходе которого, как мы говорили, совершен первый выход космонавта в открытое космическое пространство.

Прежде всего открытый космос — это безопорное пространство. Поэтому в физическую подготовку экипажей дополнительно включался комплекс упражнений, вырабатывающих устойчивые навыки управления своим телом в безопорном положении. Это прыжки в воду, упражнения на свободно вращающейся площадке, называемой скамейкой Жуковского, прыжки с парашютом и др. Большую ценность представляли прыжки на батуте, при выполнении которых человек может создавать вращающий момент для разворота корпуса в требуемую сторону. Много внимания уделялось пассивной и активной вестибулярной тренировке. Актуализировались виды физзанятий, в которых тело человека хоть на миг падало в безопорное пространство.

Был введен новый вид подготовки — биомеханическая тренировка, т. е. работа на стендах, имитирующих безопорное положение, которое наблюдается в открытом космосе. Четкую профессиональную направленность на невесомость получили тренировки при полетах в самолете. Все операции по ориентировке своего тела в безопорном пространстве, выполнение различных работ сначала опробывались и закреплялись во время тренировок на безопорных стендах, а затем отшлифовывались в полетах на самолетах-лабораториях.

В процессе полетов окончательно отрабатывалось на невесомость умение координировать и соразмерять усилия при перемещениях, выполнять заданные операции по управлению системами, обеспечивающими выход и вход космонавта в корабль. Этот вид тренировки, несмотря на очень короткие временные промежутки невесомости, имел большое значение. В самолете-лаборатории за секунды невесомости отрабатывался поэтапно весь алгоритм деятельности космонавта по подготовке и осуществлению шлюзования, а также управлению системами корабля. Проигрывались различные варианты усложнений программы, которые могли возникнуть в реальном полете. Двигательные реакции поведения космонавтов как на стенде, так и в самолете постоянно фиксиро-

вались на кинофотопленку. В результате анализа этого материала получена количественная оценка качества деятельности человека в этих условиях.

Для оценки результатов биомеханической подготовки стендовая тренировка проводилась с готовящимися к выходу космонавтами и для сравнения — с тренером, мастером спорта по гимнастике. После 20 тренировок качество выполнения упражнений повысилось у всех операторов: у А. А. Леонова — на 26,5%, у Е. В. Хрунова — на 21 и у тренера — на 7,2 %. В связи с тем что тренировка последнего ограничивалась лишь физическими упражнениями и занятиями на стенде, а в полетах на невесомость тренер не участвовал, он не смог добиться лучших, чем у космонавтов, результатов. Этот итог еще раз свидетельствовал о значительной пользе тренировок в самолете-лаборатории.

При тренировке экипажей корабля «Союз-5», которым предстояло перейти из корабля в корабль в полете, в самолете устанавливались макеты стыковочных узлов обоих кораблей и все оборудование, обеспечивающее выполнение перехода. На заключительных тренировках переход проводился плавно, резких поворотов и особенно так называемых закруток тела не было. Даже наиболее сложные элементы задания — стыковка и расстыковка лееров, перестыковка страхующих фалов и др. — выполнялись с первой попытки. Динамику натренированности космонавтов можно проиллюстрировать временем выполнения перехода с поручня одного корабля на поручень другого, которое за период тренировки улучшилось более чем на 30 %.

Говоря о покорении невесомости человеком, нельзя не остановиться на космических тренажерах. Первый тренажер пилотируемого корабля «Восток» — это полноразмерный учебно-тренировочный макет. В дальнейшем тренажеры, как и в авиации, постоянно совершенствовались. Ведь в авиации курсант начинает тренировки не в самолете, а на специализированном тренажере, который никак не является макетом самолета.

Тренировочный комплекс, начиная с кораблей типа «Союз», состоял из макета кабины пилотируемого корабля, аналого-цифрового вычислительного центра, устройств сопряжения и визуализации обстановки и, конечно, пульта инструктора. Именно с этого пульта обучающемуся можно задавать различные вводные команды, отказы,

оценивать надежность его деятельности, его состояния, корректировать его работоспособность.

Если меняется космическая программа, комплекс дорабатывается, монтируется кабина другого корабля, доводится математика, сопрягается с заданными системами визуализации. Если космонавту предстоит работа на обшивке пилотируемой станции, т. е. в открытом космосе, его готовят к этой деятельности в условиях гидроневесомости.

Первые тренировки в условиях гидроневесомости советские ученые стали проводить в 60-е годы в акватории Черного моря. Для этого на глубину до 10 м опускали сетчатый каркас, и космонавт, находящийся в нем (его скафандр почти не отличался от штатных), выполнял заданные программой работы. Затем в Центре подготовки космонавтов был построен специальный бассейн, создана лаборатория гидроневесомости. В бассейн диаметром более 23 м и глубиной до 12 м опускаются корабли или их отдельные элементы. Космонавты опробуют средства фиксации, различные методы производства работ на выходе, оценивают рабочее место. Особое внимание в лаборатории уделяется проигрыванию алгоритма выхода для ликвидации нештатных ситуаций. Когда понадобилось нарастить солнечные батареи на станции «Салют-7», то сначала эта операция была отработана в условиях гидроневесомости. Точнейшая регистрация деятельности, ее биомеханический и машинный анализ позволили выбрать оптимальный алгоритм.

Космонавты работают в бассейне по 3—4 ч в день. Общая продолжительность этой программы 30—50 ч. Экипажи, прошедшие полный курс подготовки в условиях гидроневесомости, работают с более высокой надежностью в открытом космосе.

Вернемся к полету Алексея Леонова. Как известно, полетное задание им было выполнено полностью, однако отмечались моменты, которые вызвали у космонавта определенное напряжение, в той или иной степени сказавшееся на его общем состоянии. Мы остановимся на психофизиологическом и биомеханическом анализе деятельности космонавта при подготовке и выполнении шлюзования «корабль — открытый космос — корабль».

Программой полета космического корабля «Восход-2» было запланировано 120 мин на операции, связанные с выходом второго пилота из корабля в открытое косми-

ческое пространство и его возвращением. За это время предстояло произвести шлюзование по маршруту «корабль — шлюз — космос», осуществить пять отходов и подходов к кораблю, оценить особенности свободного плавания в космическом пространстве, сориентировать свое тело по отношению к заданным осям координат, произвести ряд запланированных разворотов и выполнить работы по монтажу-демонтажу кинокамеры, которая регистрировала движения космонавта в полете. Программа выхода заканчивалась обратным шлюзованием «космос — шлюз — корабль». Даже ориентировочный анализ позволил вычленить множество отдельных операций, которые должны были выполнить космонавты. Так, П. Беляев должен был совершить за это время более 50 двигательных актов, связанных единой конечной целью, и произвести 15 контрольных операций, А. Леонов — соответственно 41 и 9. Нужно добавить, что в течение того же времени экипажем было проведено 460 радиопереговоров, которые касались конкретных вопросов выполнения программы. Следовательно, эта операция представляла собой сложный процесс, состоящий из логической цепи ответственных элементов.

Очень благоприятной для выполнения этого задания оказалась предварительная «слетанность» экипажа, приобретенная в период подготовки. Результатом такой подготовки была четкость и слаженность работы П. Беляева и А. Леонова в полете.

Сравнивая переговоры, которые вели космонавты на различных этапах космического полета, а также переговоры, которые были записаны во время учебных тренировок, нетрудно отличить те из них, которые велись космонавтами при подготовке и выходе второго пилота в космос. Характер и эмоциональная окраска этих переговоров подтверждают эмоциональную напряженность обоих космонавтов.

При тренировках в термобарокамере космонавты вели необходимые переговоры в строгом соответствии с программой, не употребляя шутливых выражений. В реальном полете в переговорах появляются веселая настроенность, шутки, красочные сравнения.

Почему это так, в чем дело? Это своеобразная форма предельной сосредоточенности — волевой реакции, направленной на поддержку товарища. Это очередное

доказательство довольно высокого нервно-психического напряжения космонавтов.

Как известно, состояние напряженности обычно сопровождается некоторыми вегетативными проявлениями (изменением в окраске лица, учащением сердцебиения, нарушением ритма дыхательных движений и т. д.). Можно полагать, что выраженные вегетативные проявления напряженности в полете были и у экипажа корабля «Восход-2».

Рассмотрим динамику сердечных сокращений у экипажа — этого ярчайшего показателя эмоциональной напряженности. За 17 минут до открытия люка шлюзовой камеры и первого знакомства А. Леонова с открытым космосом («Люк ШК открыт, вижу свет!» *) частота пульса у него колеблется в пределах 87—90 ударов в минуту, не превышая величины, наблюдаемой на этом же этапе в термобарокамере.

Из этого следует, что работы по шлюзованию и перемещению космонавта из космического корабля в шлюзовую камеру в условиях невесомости не вызывали специфических изменений в состоянии космонавта. Однако сразу после открытия люка частота пульса у А. Леонова начинает расти и за 6 мин возрастает на 60 ударов, достигая 147—162 ударов в минуту.

За эти 6 мин А. Леонов вышел из шлюзовой камеры в космическое пространство и снял крышку кинокамеры. Учащению пульса при этом способствовала физическая нагрузка (выполняя различные действия и передвигаясь, космонавту приходилось преодолевать сопротивление наддутого скафандра), но главное — состояние эмоционального напряжения, стресса у человека, сознающего, что ему предстоит «первый шаг» в открытое космическое пространство и он сейчас его делает. Уже через минуту А. Леонов несколько освоился со своим новым положением. Частота сердечных сокращений в течение последующих 7 мин стабилизировалась (155 ударов в минуту).

Рационально, как хороший педагог вел себя в этот момент командир корабля. Он стремился успокоить А. Леонова: «Дела хорошие, пульс, дыхание хорошие»; «Ну, Леша, спокойненько, осмотришь, все в порядке у

* В скобках приведены выдержки из радиообмена во время выхода космонавта.

меня. Давление в баллонах хорошее, пульс, дыхание отличные».

На 5-й мин после выхода в космос А. Леонов уменьшает давление в скафандре до 0,27 атм. Это делает его более подвижным. Перед возвращением в шлюзовую камеру космонавт отметил некоторое затруднение с демонтажом кинокамеры («Паша, никак не могу снять кинокамеру»). При этом частота пульса сразу же возрастает на 12 ударов.

Когда А. Леонов вошел в шлюз, П. Беляев не спешит: «Леша, отдохни, ничего не говори», и только потом приказывает: «По готовности доложить закрытие крышки». Обычный дружеский разговор сменяется командным: Леонов уже вне опасности, его нужно настроить на рабочий лад, ввести в обычное русло полета.

Сразу после того как крышка люка шлюзовой камеры закрыта, частота сердечных сокращений у А. Леонова падает через 1 мин со 160 до 138 ударов, через 2 мин — до 117, через 4 мин — до 81 удара, т. е. спустя 4 мин после входа в шлюз пульс приходит к полетной норме.

В предыдущих полетах, несмотря на их длительность, условий безопорного пространства не существовало, так как ограниченные размеры кабин, существование привязной системы и привычная ориентация не позволяли космонавтам почувствовать в полной мере особенности движений без опоры. Эти условия впервые появились в полете космического корабля «Восход-2». В предыдущих космических полетах пространственная ориентировка космонавтов основывалась на привычной оси координат («верх — низ»), связанной со знакомыми элементами интерьера кабины. Можно полагать, что ориентировка на эти координаты в значительной мере помогла космонавтам перенести воздействия невесомости.

При выходе же из корабля можно принять множество вариантов для выбора направления оси «верх—низ». Легко запутаться, дезориентироваться. Где низ? Где верх? Откуда производить отсчет? Поэтому при подготовке данного полета в качестве опорных координат для космонавтов были выбраны и рекомендованы продольная и поперечная оси корабля.

Новизна задачи выхода в космос, множество разнообразных научно-технических и медико-биологических

вопросов ограничили объем биомеханических исследований. Однако полученные в этих экспериментах данные представляют значительный интерес для дальнейшей разработки систем автоматического передвижения космонавта в открытом космосе.

Космонавт полностью и качественно выполнял все предусмотренные рабочие операции при выходе из корабля. Он произвел монтаж-демонтаж кинокамеры, вел репортаж и провел ряд наблюдений. В целом можно заметить, что напряженная работа по ориентации и передвижению А. Леонова в космосе существенно не отражалась на остальных видах его деятельности.

Таким образом, впервые проведенный эксперимент по выходу человека в открытое космическое пространство позволил получить ценные результаты по исследованию особенностей его двигательной деятельности. Было установлено, что выработанные во время наземных и самолетных тренировок навыки и координация движений сохранились при выходе в открытый космос. Космонавт оказался способным выполнять целенаправленные координированные движения и сравнительно несложные рабочие операции. Отмеченное при этом снижение качества выполнения отдельных операций по сравнению с качеством их выполнения в наземных и самолетных условиях, как правило, не превышало 35—40%. Поэтому мы и рекомендовали при подготовке экипажей, в программу полета которых включен выход в космическое пространство, достаточное внимание уделять тренировкам, развивающим координацию движений в безопорном и малоориентированном пространстве. Такие тренировки целесообразно проводить как на специальных стендах, так и в условиях невесомости на самолете-лаборатории. Во избежание возможных ударов космонавта о корабль следует предусмотреть специальные амортизаторы, а на тросе, связывающем космонавта с кораблем, — демпфирующие устройства.

Все эти рекомендации были приняты и реализованы при подготовке экипажей «Союза-4» и «Союза-5», которым также впервые в истории пришлось перейти из корабля в корабль в полете. Проанализируем деятельность выходящих космонавтов по программе полетов ПКК «Союз-4» и «Союз-5».

Мы уже привыкли к тому, что функционирование долговременных, трудоемких и порой уникальных экспе-

дний связано со сменой экипажей, съемом накопленной информации. Не являются исключением и космические экспедиции. Именно смена экипажа космического корабля в полете, как было сказано выше, требует выхода космонавта в открытое космическое пространство. Правда, на стационарных больших станциях, по всей видимости, будут использованы туннельные переходы, как в комплексах «Салют» и «Аполлон», но метод перехода через открытый космос все-таки будет сохранен, так как он не требует специальных стыковочных устройств.

Вот что записал в своем дневнике о выходе в открытый космос и переходе из одного космического корабля в другой один из авторов этой книги, еще на орбите, в полете, сразу после перехода:

«...16 января 1969 г., когда состыкованные корабли «Союз-4» и «Союз-5» совершали 35-й виток, мы с А. Елисеевым вышли из кабины корабля в орбитальный отсек и надели скафандры, проверили герметичность скафандров, работу систем жизнеобеспечения, доложили о готовности к выходу и получили на это разрешение. Мне первому предстояло покинуть орбитальный отсек корабля. Люк плавно открылся, и в корабль, точнее в орбитальный отсек, хлынул (прямо ударил) поток солнечного света. Я увидел водную поверхность нашей планеты, горизонт и черное небо. Меня охватило какое-то волнение, похожее на предстартовое волнение спортсмена, которое длилось несколько мгновений. Затем меня подчинил привычный, отработанный на десятках тренировок ритм работы, он поглотил меня целиком, и вся энергия мозга и мышц была направлена только на выполнение поставленного перед нами задания. Вышел я из корабля легко, осмотрелся. Корабли представляли великолепное зрелище. Они ярко сияли, отражая солнечный свет. Хорошо просматривались мелкие детали конструкции поверхности корабля. Орбитальная станция в это время находилась над побережьем Южной Америки. Полюбовавшись на эту изумительную картину — сверкающий космический корабль на фоне Земли и черного неба, — я начал перемещаться в район стыковочного узла, где на корабле «Союз-5» была установлена снаружи кинокамера, производившая съемку причаливания и стыковки космических кораблей. Хочу уточнить понятие «пошел». У нас, живущих на Земле,

понятне перехода, перемещения связано, как правило, с ходьбой. В условиях невесомости идти по поверхности в обычном смысле слова нельзя — нет опоры под ногами, нет силы трения, нет силы, прижимающей человека к поверхности. Еще на Земле на тренировках мы пришли к выводу, что перемещаться в космосе, «переходить» из корабля в корабль, из одного места в другое лучше всего (удобнее)... на руках, используя жесткие поручни для опоры. Так, перехватывая поручни, я подошел к кинокамере. Держась одной рукой за поручень, другой снял кинокамеру с кронштейна и отстыковал от борта корабля разъем ее электропитания. А затем таким же способом, «на руках», перешел по поверхности орбитальной станции в отсек корабля «Союз-4». Оставаясь по пояс снаружи, проводил наблюдение за горизонтом Земли, за работой двигателей ориентации, вел связь с командирами кораблей, с Алексеем Елисеевым. Затем достал фотоаппарат «Салют» из орбитального отсека и выполнил несколько снимков. Когда корабли вошли в зону телевидения со станциями слежения Советского Союза, я за фал подтянул к себе кинокамеру, снятую с кронштейна «Союза-5» при переходе, и закрепил ее в районе входного люка.

Производить операции по снятию, монтажу и демонтажу кинокамеры и другого научного оборудования в условиях космоса, а также фотографирование ручной камерой непросто. Обязательно необходимо фиксироваться у рабочего места. Во время перехода А. Елисеева я наблюдал за ним, поддерживал связь. Потом мы поочередно, по команде командира станции В. Шаталова, вошли в орбитальный отсек «Союза-4», уложили все оборудование, фалы, закрыли люки, включили наддув воздуха из специальных баллонов и создали давление в орбитальном отсеке, равное давлению в спускаемом аппарате, в котором нас ожидал В. Шаталов. После этого сняли скафандры и уложили их в орбитальном отсеке. К нам вышел в отсек В. Шаталов, с которым мы простились еще двое суток назад, на Земле, перед его посадкой в кабину корабля «Союз-4», передали ему письма от родных и утренние газеты за 15 января с сообщением ТАСС о его полете.

Так был выполнен переход двух космонавтов из одного корабля в другой на высоте около 250 км при скорости полета около 8 км/с.

Этот эксперимент показал, что в будущем возможно выполнение в космосе таких работ, как замена экипажей космических станций, монтаж оборудования и спасание экипажей кораблей, потерпевших аварию на орбите.

Опыт, накопленный авторами при подготовке и проведении перехода из корабля «Союз-5» в корабль «Союз-4» в полете, анализ инженерно-технических характеристик различных систем и психофизиологических особенностей деятельности экипажа позволяют более подробно остановиться на этой операции, действиях человека в условиях открытого космического пространства, рассказать о трудностях, встречающихся при этом.

Как мы уже говорили, переход из одного корабля в другой происходил через открытый космос. А это усложнило алгоритм деятельности космонавтов. Они должны были надевать скафандры и готовиться к переходу в полете непосредственно после стыковки кораблей. И эмоции, связанные с успешным выполнением операции, встречей на орбите и стыковкой, несколько мешали экипажу. В выполнении запланированных операций появился дефицит времени. Чтобы его сократить, из программы были сняты второстепенные операции. Дефицит времени при выполнении следующих операций несколько уменьшился, однако при окончательной подготовке к выходу опять увеличился, достигнув 14 мин. По-видимому, это связано, во-первых, с повышением эмоциональной напряженности и, во-вторых, с некоторыми отклонениями в программе работы в орбитальном отсеке. В ней в это время принимали участие все три космонавта.

Конечно, в условиях невесомости в полете выполнять любую работу труднее. Так, было сложнее, чем на Земле, выполнять операции по укладке аппаратуры, разъемов и шнуровке нижней части скафандра. Разъемы уплывали, трудно было работать с концами разбегающихся шнурков. Однако при выполнении всех операций очень помогал земной стереотип. Подчас космонавты забывали, что находятся в реальном полете, а не на очередной тренировке.

...Первый момент открытия люка и наблюдение космоса, Земли — все воспринимается очень остро и напряженно — бездна, скорость, неопределенность. Эти ощущения близки к ощущениям парашютиста, делающего

первый прыжок, когда он стоит у открытого люка самолета, смотрит вниз и ожидает команды «пошел». Именно это состояние привело к серьезной ошибке в этом полете. Вот дневниковые записи, сделанные одним из авторов сразу после перехода: «... Вышел. Чувствую жуткую напряженность. Прошли секунды — не хватает воздуха, начало потеть остекление гермошлема. Прямо чувствую — сердце стало биться чаще. Глубина дыхания увеличилась. Воздуха не хватает, что же случилось?» А случилось самое непредвиденное: выходя в открытый космос, космонавт подсоединил к бортовой системе питание не своего скафандра, а товарища по выходу — А. С. Елисеева. Вскоре все выяснилось. Но пришлось возвращаться в бытовой отсек корабля «Союз-5».

Выход в открытый космос был начат на 11 мин позже расчетного времени. Однако момент окончания перехода нельзя было перенести на более позднее время, так как состыкованные корабли входили в тень Земли. Такой жесткий лимит общего времени потребовал сокращения сроков выполнения отдельных операций и отказа от выполнения некоторых видов работ, не имеющих принципиального значения для решения основной задачи. Безусловно, эта рабочая перестройка программы влияла на состояние экипажа. Увеличилась частота сокращения сердца, в голосе отмечались пики эмоций. Возросла напряженность. Даже отдельные фразы при радиопереговорах строились наспех, неуклюже.

Во время самого перехода возникли ситуации, которые также увеличивали эмоциональную напряженность. Так, на одном из этапов перехода из-за резкого поступательного движения тело космонавта начало вращаться вокруг точки опоры, силы инерции опрокидывали его на спину. Попытки погасить угловые скорости усилием одной руки, как это было на тренировках, оказались недостаточными. Масса человека в скафандре велика. Пришлось на какое-то время полностью отключиться от выполнения задания и, опершись второй рукой на поручень, остановить вращение. Частота пульса в этот период, как оказалось, достигала почти тройной нормы — 154 удара в минуту! Переход продолжался и был успешно завершен. Однако, когда космонавты уже находились в бытовом отсеке ПКК «Союз-5», они не сразу смогли закрыть крышку люка. Фалы, питающие космо-

навтов за бортом, разлетались, занимая все свободное пространство отсеков, заклинивали крышку. Из-за волнения появились резкие движения. Эмоциональный фон деятельности увеличился.

Следовательно, эмоции, связанные с дефицитом времени, играли важную роль при переходе из одного космического корабля в другой через открытый космос. Не менее важна большая нагрузка на руки и в первую очередь на кисти.

Ученые, конструкторы, космонавты провели много исследований, чтобы решить вопрос о креплениях к обшивке корабля, по поверхности которого будут передвигаться космонавты. Испытывалась магнитная обувь, клеящие вещества, ворсовые молнии и т. д. Однако все эти способы оказались неудовлетворительными, потому что заставляли космонавта думать о передвижении. Оперативная память занята только этим и закрыта для выполнения других заданий. Поэтому, пока нет других оптимальных предложений, решено использовать для передвижения человека в космосе самый древний рефлекс — хватательную способность рук. Однако руки уставали, особенно кисти, что затрудняло выполнение операций, требующих тонких координированных движений, таких, как фотографирование, астроизмерения, монтаж-демонтаж и др.

Но вот переход закончен. Сняты скафандры, в отсеке корабля земная атмосфера. Космонавты рады, что задание выполнено. Их ощущения таковы, как будто выполнена тяжелая физическая работа. Чувствовалась усталость всех мышц, особенно кистей рук и плечевого пояса.

К настоящему времени выход в открытый космос выполнялся экипажами кораблей типа «Восход», «Джемини», «Союз», «Аполлон», «Скайлэб», «Салют», «Шаттл». Выход в открытый космос становится такой же обычной операцией, как, например, стыковка, ориентация кораблей. Космонавты адаптируются к условиям открытого космоса. Так, например, третий основной экипаж станции «Салют-7» за первые четыре месяца полета совершил пять выходов в открытое космическое пространство. Причем, как отмечает космонавт-исследователь врач Олег Атьков, если после первых выходов у космонавтов отмечались элементы эмоционального напряжения, то уже в последующих они спокойно выходи-

ли в открытый космос на работу, выполняя целевые операции.

Особенно интересным был первый выход женщины-космонавта в открытый космос. 25 июля 1984 года в 18 ч 55 мин космонавты открыли наружный люк. Владимир Джанибеков, командир второй экспедиции посещения станции «Салют-7», а затем и Светлана Савицкая вышли в открытый космос. Она быстро подплыла к рабочему месту. Задача: сваривать, плавить, напылять и резать, т. е. работа с металлом, монтаж, строительство. В ее руках УРИ — универсальный ручной инструмент, разработанный учеными Украины, своеобразный сварочный аппарат «корзинка», как его называют космонавты. На первый взгляд операция простая. Берешь в руки «пистолет», в котором смонтированы две «электронные пушки», включаешь нужный режим и начинаешь сваривать, резать, паять. Переключаешь режим — можно напылять металл на заданную поверхность.

Вообще, сварка и резка металлов в космосе выполняются с 1969 года («Союз-6» — Г. Шонин, В. Кубасов, установка «Вулкан»). На «Салюте-6» прошло испытание подобной технологической установки «Испаритель», также созданной учеными Института электросварки им. Е. О. Патона АН УССР. С ней работали три экипажа. Была подтверждена принципиальная возможность проведения в космосе сварочных работ, нанесения пленочных покрытий на металлы и неметаллы. И вот новый шаг: впервые на околоземной орбите человек производил реальные монтажные операции.

Корреспондент газеты «Правда» В. Губарев писал сразу же после завершения этой операции:

«— Я начинаю работу,— докладывает Савицкая.— Включаю аппарат. Есть питание. Есть след. Шов не очень ровный получается, но красивый. Закрываю планшет. Выдвигаю второй. Включаю режим, беру инструмент. Идет сварка металла.

Включается телекамера. Теперь видно, как Светлана работает.

— Пошел шов. Он ровный, красивый. Вижу его хорошо... Сейчас попробую третий режим... Мне удобнее делать пятый образец... Выставляю его... Есть пятно красное... Утюжу вверх и вниз...

— Рекомендуем приступить к напылению,— подсказывает оператор.

— Хорошо,— спокойно отвскает Савицкая.

— Через минуту входите в тень,— напоминает оператор.

Владимир Джанибеков снимает ее работу на пленку, ведет телерепортаж. Уверенно работают космонавты. Затем меняются местами. Космонавтом-сварщиком становится Джанибеков».

Как будто все просто. Однако каждый очередной выход в открытое космическое пространство — это ответственная операция, требующая специальной подготовки, приносящая новую, уникальную информацию.

Конечно, накоплен значительный практический материал, характеризующий различные системы выхода, инженерно-психологические и психофизиологические особенности деятельности космонавта-оператора. По мере выполнения полетов и в результате анализа полученных данных в систему подготовки экипажей вносились дополнительные разделы, изменялись конструкторские решения систем шлюзования и перехода и т. д.

Выход космонавта в открытый космос во время полета бывает связан с необходимостью сближения с другим искусственным или естественным телом, будь то космический корабль или орбитальная станция, непиотируемый искусственный спутник Земли или планета.

Поиск заданного объекта, сближение с ним и причаливание к нему будем называть общим словом «стыковка».

Стыковка космических кораблей состоит из трех основных этапов:

поиск и обнаружение космического объекта на фоне звездного неба или Земли;

дальнее сближение;

причаливание и жесткое соединение кораблей.

После того как космонавт убеждается, что заданный объект опознан (этот процесс с психологической стороны весьма сложен), начинается второй этап стыковки — этап дальнего сближения. Обычно дальнее сближение, до 70—100 км, проводится автоматически, пока не произойдет захват объекта стыковки бортовым локатором или визуально. Так, экипаж американского космического корабля «Джемини-6» увидел стыкуемый объект «Джемини-7» с расстояния около 100 км. Уже с 50 км были определены проблесковые огни корабля.

Однако всегда существует вероятность отказа автоматики. Так, экипажу космического корабля «Джемини-12» из-за неисправности в радиолокационной системе пришлось с расстояния 111 км проводить сближение с помощью ручной системы управления. Используя секстант и бортовую машину, астронавты определили необходимую величину приращения скорости при первом маневре на конечном участке сближения. Рассчитанная ими скорость на 0,2 м/с отличалась от скорости, которая была определена наземными службами, т. е. и в этом случае человек-оператор оказывается надежным звеном в системе ручного управления стыковкой.

Последний этап стыковки очень лаконично, но емко и предметно описал в своем дневнике Г. Т. Добровольский, командир корабля «Союз-11»: «...7 ч 24 мин. Началось сближение... Увидели станцию в оптический визир до режима «подготовка к сближению»...

Со 100 м включили ручное причаливание. Скорость 0,9 м/с... По включении станция пошла вправо...

...Мне показалось, что левой ручки не хватило, и я подключил «боковую скорость» правой ручки. На расстоянии 60 м уменьшил скорость до 0,3 м/с...

...Касание, механический захват произошли одновременно в 7 ч 49 мин 15 с. Объект практически не колеблется. В 7 ч 55 мин 30 с — стыковка. Колебаний и раскачиваний объекта не было. Касание практически не ощущалось...»

Важные данные, характеризующие возможности человека по опознанию космических объектов, получены при ручном управлении сближением космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5»:

«На расстоянии нескольких километров стыкуемый корабль представляется как очень яркий предмет — ярче любой планеты. С расстояния 1 км ясно видны очертания корабля, ориентация относительно Земли, отдельные детали конструкции, светотени и т. д. Корабль «Союз-4» приближается как самолет, распластав крылья солнечных батарей.

Величественная картина. Еще ближе, расстояние 100 м — корабль ярко светится, горит белым светом, как будто в фокусе рефлектора, на него больно смотреть, он слепит глаза. Еще ближе, механический захват — корабли состыкованы, создана первая орбитальная лаборатория. Надо готовиться к выходу, ведь основная

задача — выход, переход из корабля в корабль в полете, работа в открытом космосе».

Интересно в этом же плане проанализировать эмоциональное состояние командира корабля, который, находясь в относительной безопасности, руководил всеми операциями стыковки и смены экипажей космических кораблей «Союз-4», «Союз-5». Речь пойдет о командире активного корабля В. А. Шаталове. Основную связь по каналу КК — Земля вел командир активного корабля. Поэтому у нас была возможность провести подобный анализ. При этом мы использовали специальный анализ речи, записанной на Земле с помощью магнитофона. Из переговоров было взято слово «понял», широко используемое в летном лексиконе. Нам удалось зафиксировать на этапах селекции, сближения и подготовки к переходу космонавтов 19 реализаций этого слова: в основном ответы на команды, поступающие с Земли, или сообщения Б. В. Волынова с пассивного корабля. Каждый случай употребления слова «понял» прошел специальную обработку, после чего был получен центроид спектра, который характеризовался степенью эмоционального напряжения космонавта.

Так, на этапе сближения эмоциональное напряжение командира активного корабля намного превышает обычные фоновые данные. Наибольший всплеск был отмечен, когда корабли находились на расстоянии 250—300 м друг от друга. Можно думать, что всплеск эмоционального напряжения в этот момент характеризует положительные эмоции встречи, величественную картину приближающегося, распластавшего крылья корабля.

Первый час ожидания экипажа. Оперативный покой. Повышенный, но ровный эмоциональный фон. Контрольная деятельность, руководство по радио одеванием выходящих космонавтов. И наконец космонавты готовы к выходу, к выполнению основной задачи полета.

Интересны и те моменты, когда у командира активного корабля наступил спад эмоциональной напряженности: при расстоянии между кораблями 100 и 40 м, непосредственно перед стыковкой (90-я и 125-я минуты оперативного времени). Чем объясняется снижение эмоциональной напряженности на этих эмоционально важных участках полета? Расшифруем фразы, в которых использовалось слово «понял». Так, перед стыковкой: «Понял вас. Находимся на дальности 40 м, висим уже боль-

ше 10 мин. Корабли управляются отлично. Выполняем работы по программе». После стыковки, на 5-й мин, В. А. Шаталов, получив сообщение с Земли, командует экипажам: «Понял. Всем достать карты перехода и работать по штатной программе». На 90-й минуте: «Понял, самочувствие отличное, работаем по программе» и т. д. В период выполнения штатных программных операций у космонавтов в полете не отмечается эмоционального напряжения. На наш взгляд, указанное положение убедительно свидетельствует о хорошей психофизиологической подготовке космонавтов к полету.

Итак, изучен ближайший космос. Исследованы законы невесомости, безопорного пространства. Программы полетов усложняются, настала очередь изучения Луны.

После запуска в Советском Союзе первого искусственного спутника Земли начали сбываться мечты о достижении ближайшего к нам небесного тела — Луны. В 1959 году к Луне успешно стартовали три советские космические ракеты. Последняя ступень первой ракеты, запущенной 2 января 1959 года, имела вес 1472 кг. Вблизи Луны специальным устройством в космос было выпущено облако натрия. Облако наблюдал ряд обсерваторий, что позволило точно определить его координаты и уточнить траекторию лунника. Второй лунник, запущенный 12 сентября 1959 года, доставил на Луну выпелы с изображением Государственного герба Советского Союза с надписью «СССР, сентябрь 1959 г.»

Следом за этими ракетами на лунные трассы вышли другие посланцы Земли — «Луна-4», «Луна-5», «Луна-6», «Луна-7». И вот наступил день 3 февраля 1966 года. В 21 ч 45 мин 30 с по московскому времени советская автоматическая станция «Луна-9» произвела мягкую посадку на Луне. Это выдающееся научное достижение приблизило время, когда на поверхность Луны ступила нога человека!

Об ощущениях человека, побывавшего на Луне, рассказал Нил Армстронг — первый человек, ступивший на ее поверхность. Он участвовал в работе XIII сессии КОСПАР в Ленинграде, был гостем Звездного городка.

Мы расскажем об этих ощущениях, опираясь на его сообщения, а также на экспериментальные данные, изложенные в специальной литературе.

По программе «Аполлон» вела подготовку большая группа американских космонавтов, однако конкретный

состав экипажа для космического корабля «Аполлон-11» был отобран в январе 1969 года, т. е. за 7 месяцев до старта. В него вошли Нил Армстронг, Эдвин Олдрин и Майкл Коллинз. Все они были к тому времени летчиками высокого класса, имели большой опыт полетов на реактивных самолетах. Армстронг и Коллинз работали летчиками-испытателями ракетоплана Х-15, поднимая его на высоту до 60 км. Олдрин прошел самую основательную научную подготовку среди американских астронавтов. Он защитил диссертацию на тему, посвященную изучению сближения и стыковки кораблей в космосе. Заслуживают внимания результаты его работы, проведенные во время полета «Джемини-12» по изучению ошибок астронавигационных угломерных измерений. Однако основной его заслугой при полете на этом корабле является успешное выполнение экспериментов в открытом космосе, где он провел в общей сложности 5,5 ч и в заключение сделал вывод: «Я вскоре осознал, что они (прогулки в космосе.— Авт.) не таят в себе никаких неожиданностей».

Перед полетом экипаж провел наземные тренировки на тренажерах, имитаторах и в бассейне невесомости.

Итак, июнь 1969 года. Корабль с экипажем на лунной орбите. Отделяется лунная кабина, которая должна доставить человека на поверхность Луны. Кабина спускается. Нет, здесь не сядешь. Надо искать место. Кабина приподнялась над лунной поверхностью. Маневрирование лунной кабины с целью выбора подходящей площадки проходило в исключительно напряженной обстановке. Это был один из критических моментов полета.

После выключения тормозного двигателя пульс у Армстронга повысился до 110 ударов в минуту, а в момент прилунения составлял 156 ударов в минуту. Правда, спустя минуту состояние сердечно-сосудистой системы и дыхания у космонавтов врачи на Земле характеризовали как нормальное, однако недавнее напряжение от перегрузки после 100 ч невесомости, эмоциональное возбуждение от сознания случившегося факта и необычность увиденного практически исключили плановое проведение программы. Армстронг и Олдрин сделали запрос на Землю, чтобы им разрешили совершить лунную прогулку немедленно. Такое разрешение было дано, и космонавты, потратив несколько часов на надевание скафандров, были готовы к выходу.

В 22 ч 56 мин, т. е. спустя 6 ч 39 мин после прилунения, Нил Армстронг ступил на Луну. Для начала он сделал несколько шагов, чтобы проверить прочность лунного грунта и возможность передвижения по Луне в условиях шестикратно сниженной тяжести. Он скоро обнаружил, что поверхность Луны покрыта мягкой и сыпучей пылью, похожей на толченый уголь, под которой чувствуется твердый грунт, так что нога погружается в пыль всего на несколько сантиметров. Армстронг взял первый образец лунного грунта (аварийный вариант).

Спустя 19 мин Армстронг закончил разведку, и к нему спустился Олдрин. Он укрепил в грунте шток, на который повесил алюминированный лист для сбора частиц, содержащихся в солнечном ветре.

Важнейшая задача космонавтов при выходе на поверхность Луны заключалась в сборе образцов лунных пород. Для этой цели космонавты были снабжены специальными щипцами и совками с длинными рукоятками, чтобы избежать наклонов тела.

Камни на Луне, покрытые слоем пыли, были скользкими на ощупь, и их не так легко было ухватить щипцами. Собранные образцы были уложены в два герметичных контейнера, чтобы избежать действия на них кислорода в корабле и воздуха на Земле.

Астронавтам предстояло также взять пробу грунта из глубоких слоев. Для этой цели использовались специальные трубки, загоняемые в грунт. Олдрин, выполняя эту работу, заметил, что под ударами молотка трубки легко проникают в грунт на глубину 5—7 см. Дальнейшее погружение трубок требует интенсивной работы молотком, приходилось «забивать вовсю». В общей сложности в открытом космосе на поверхности Луны космонавты пробыли 2ч 20 мин.

Описывая свои ощущения, связанные с особенностями передвижения по поверхности Луны, астронавты отмечали, что эта операция не вызывает особых затруднений, хотя и требует определенных навыков.

Сначала астронавты соблюдали большую осторожность, но, освоившись, начали передвигаться большими плавными прыжками-шагами со средней скоростью 8—12 км/ч. Тяжелая ранцевая система жизнеобеспечения и скафандр, весившие на Земле 56 кг, в условиях Луны весили лишь около 9 кг. Тем не менее, как это видно на фотоснимках и снимках с экрана телевизора, ранец зас-

тавлял космонавта наклоняться вперед примерно на $10-15^\circ$, чтобы центр тяжести тела приходился на середину ступней.

На Луне астронавт мог отклоняться от вертикального положения на гораздо большие углы, чем на Земле, не теряя при этом равновесия. Эксперимент проводил Олдрин. На Земле человек вырабатывает прочные критерии оценки отклонения тела от вертикали на основе сигналов, идущих в мозг от напряженных мышц. Поэтому в условиях пониженной гравитации при отклонении тела на те же самые углы от вертикали приходится напрягать мышцы меньше (для Луны примерно в 6 раз), чем на Земле.

Олдрин заметил, что при отклонении от вертикали на известный угол мышцы напряжены слабо, и поэтому он подумал или, вернее сказать, почувствовал, что, напрягая мышцы сильнее, он якобы может отклониться на больший угол. Совершенно очевидно, что его предположение вполне закономерно, но имеет под собой лишь психологические причины. Фактические углы отклонения тела человека от вертикали при сохранении равновесия и на Земле и на Луне совершенно одинаковы, так как в условиях изменения силы тяжести пропорционально изменяется масштаб сил, определяемых весом тела, а их соотношение остается неизменным. К указанному добавим, что утверждения Олдрина будут совершенно правильными, если подошвы ботинок жестко прикрепить к грунту, например, с помощью клея. Однако при тех силах сцепления обуви и грунта, которые, как говорили астронавты, имеют место на Луне, этого эффекта заметить нельзя.

Особый интерес, по впечатлениям астронавтов, представляют условия освещенности на поверхности Луны. Армстронг говорил, что из кабины «Орла» (так называлась лунная кабина) небо казалось черным, но на Луне было светло, как днем, и поверхность ее была рыжевато-коричневой. На Луне наблюдается загадочное явление: изменение ее поверхности. Например, серый цвет вблизи оказывался черным. Кроме того, трудно было сразу приспособиться к условиям резких контрастов на Луне, и это мешало работе. Но через какое-то время человеческий организм адаптировался, восприятие видимого и стереоскопичность зрения стали такими же, как на Земле.

В Советском Союзе лунная поверхность исследуется с помощью автоматов. Автоматы доставили грунт, легендарный «Луноход-1» исколесил поверхность Луны, «пережил» на ней тяжелые условия лунной ночи и долго посылал на Землю ценнейшую информацию. На смену ему пришел «Луноход-2».

Необъятны просторы Вселенной. Наверняка можно сказать, что человек сможет посетить многие планеты, и он должен быть знаком с условиями передвижения и работы на них. Но прежде эти знания ему необходимо получить на Земле.

Итак, человек преодолел еще одну преграду на пути освоения космического пространства. Он научился выходить в открытый космос, работать в условиях космического пространства, проводить ремонт корабля, переходить из корабля в корабль в полете. Он научился выходить на планеты и осваивать их. И все это позволяет повысить безопасность будущих полетов.

Профилактика неблагоприятного воздействия факторов полета

В пустоте можно путешествовать или в особых одеждах, заключающих аппараты для дыхания, или в самих жилищах.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

Опыт подготовки и проведения космических полетов подсказывает, что, как бы хорошо ни был подготовлен космонавт, какими бы отличными ни были системы жизнеобеспечения, все равно нарушения как со стороны основных систем организма (сердечно-сосудистой, дыхательной и др.), так и в поведенческих характеристиках космонавта возможны. Отмечаются нарушения и в профессиональной деятельности космонавта, сохранении и надежности профессиональных навыков по управлению космическим кораблем и бортовой аппаратурой.

Анализируя после полета функционирование всех систем корабля и деятельность экипажа, мы отмечали неисправности техники, которые при неблагоприятных обстоятельствах могли бы привести к аварии, а также и ошибки членов экипажа. Как и в авиации, назовем подобные срывы в деятельности систем и человека предпосылками, развитие которых могло бы привести к невыполнению полетного задания, к усложнению условий полета, к аварии или катастрофе. Эти случаи в полетах советских и американских кораблей мы и проанализировали. Это отказы и со стороны техники, и со стороны человека. Так, наибольшее количество предпосылок возникает в системах жизнеобеспечения (23,9%) и управления (21,4%).

Более 30% предпосылок связано со снижением надежности человеческого звена, включенного в системы управления кораблем: ошибочные действия экипажа (16%), функциональная недостаточность физиологических систем (10,3%), болезнь членов экипажа (4,6%).

Предпосылки возникали также из-за снижения надежности систем и каналов отображения и восприятия информации, недостаточного наземного контроля, утери оборудования и т. п. Нужно сказать, что с усложнением задач, которые выполняет в полете человек, возрастает и число предпосылок, связанных с человеческим фактором. На «Шаттлах», например, более 50% членов экипажей страдало болезнью движения, причем в более тяжелом проявлении, чем при обычных полетах. Возросло количество предпосылок, связанных с управлением системами жизнедеятельности.

Анализ ошибок экипажей имеет большое практическое значение. К ним относятся такие ошибки, как натягивание страховочных фалов, мешающее работе («Союз-5»); случайное нажатие тумблеров управления («Аполлон-8», «Меркурий-6», «Союз-5»); нарушение последовательности включения тумблеров управления («Аполлон-9»), в результате чего не были включены два вспомогательных двигателя и как следствие маршевый двигатель.

Типичны ошибки, возникающие из-за приложения нерасчетной силы при нажатии на тумблеры и рычаги («Аполлон-9») или к страховочному фалу («Джемини-8»). Основными причинами подобных предпосылок следует считать следующие обстоятельства: в космическом полете у космонавта прочно сохраняются «земные» навыки; необычные условия космического полета усложняют выполнение тех операций, которые космонавтом выполняются на Земле; условия деятельности не полностью согласованы с психофизиологическими характеристиками оператора.

Если в полете у космонавта участился пульс на 20—25%, то это еще не может моментально сказаться на безопасности экипажа, вероятности выполнения полетного задания и пр. А если космонавт при ориентации корабля перед посадкой ошибается на 20%? Или запаздывает в выполнении двигательных операций на 15—20%?

Как мы уже говорили, вредные факторы космического полета разнообразны, но основной из них — невесомость. Мы также говорили, что первым, кто задумался о защите человека в космосе от действия его вредных факторов, и особенно «царицы факторов» космического полета — невесомости, был К. Э. Циолковский. Еще в 1895 году он предложил создавать искусственную силу тяжести

путем вращения кабины космического корабля на орбите. При этом, по его мнению, центробежная сила, действующая на космонавта, должна быть во много раз меньше силы земного тяготения. «Совершенно достаточно тяжести в одну сотую, или в одну тысячную земной», — считал он. Расчеты К. Э. Циолковского, по всей видимости, не совсем обоснованны. Но сама идея верна. Несколько позже К. Э. Циолковского американский ученый Ноэль Дейт предложил после выхода в космос разделять ракету на две части, соединенные кабелем. Маленькие вспомогательные двигатели создавали бы вращение, в результате чего появлялась бы центробежная сила — искусственная сила тяжести.

И сейчас эта идея волнует умы многих исследователей. И ее осуществление (имеется в виду лишь человеческий, а не технический аспект) требует решения двух кардинальных вопросов. Прежде всего необходимо выяснить, какую минимальную величину искусственной силы тяжести следует применять на космических кораблях, чтобы снять вредоносное действие невесомости и ее эффекты, мешающие работе и жизни космонавтов во время полета. Именно минимальную, ведь каждый грамм веса — это расход рабочего тела, топлива, которое всегда будет лимитировать длительность полета. И второе — следует определить не только допустимые для человека скорости вращения космических кораблей, но и возможность его жизни и деятельности в длительно вращающихся объектах.

Оказалось, что допустимой скоростью вращения должна быть скорость 10 град/с с оптимальным радиусом вращения 90 м. В этом случае искусственная сила тяжести приобретает величину, равную 0,25—0,35 земной, что вполне достаточно для достижения желаемого эффекта.

Но этот кардинальный вопрос борьбы с невесомостью не так просто решить технически. Поэтому в настоящее время разрабатываются и находят применение более простые способы профилактики воздействия невесомости на организм человека. С их помощью все же можно снять отдельные симптомы проявления биологических эффектов невесомости.

Как было показано выше, снятие гидростатического давления крови, тканевой жидкости приводит к перераспределению крови в организме с увеличением ее в верх-

ней половине тела. Это в свою очередь приводит к обезвоживанию организма, существенному уменьшению объема циркулирующей крови. Развивается, как говорят специалисты, дегидротация организма. При длительной невесомости все это ведет к детренированности мышц сердца, уменьшению его объема, детренированности сосудов. Понижается устойчивость к перегрузкам, которые обязательно возникают при возвращении корабля на Землю, и даже земная сила тяжести 1g будет болезненно восприниматься человеком. С этим встретились врачи после длительных полетов в фазе так называемой реадаптации. Так, например, после шестидесятитрехсуточного полета уже на Земле у П. И. Климук и В. И. Севастьянова отмечались симптомы, которые позволили врачам четко диагностировать у них общую астенизацию с явлениями вегетативно-сосудистой неустойчивости, умеренную мышечную дистрофию и некоторое угнетение кроветворения.

Для предупреждения этих расстройств в полете можно использовать и уже использовался ряд методов. К ним относятся различные упражнения на физических тренажерах до 1,5 ч ежедневно с общей суточной нагрузкой около 450 ккал, наложение на конечности манжет, регулирующих своим давлением приток крови к сердцу и тренирующих сосудистую систему, дыхание под избыточным давлением, фармакопрепараты и др. Несколько подробнее хотелось бы остановиться на методе вакуумирования нижней половины тела, который нашел широкое применение на орбитальных долговременных станциях «Салют» и «Скайлэб».

Профессор П. В. Васильев в своих работах сообщает, что в настоящее время для имитации гидростатического давления крови в космическом полете испытывается несколько вариантов установки для декомпрессии нижней части тела: специальное кресло, цилиндрическая емкость, особой конструкции штаны-комбинезон. При создании с помощью этих установок разряжения в нижней части тела возникает двоякий эффект: создается силовая нагрузка в направлении продольной оси тела, которая в какой-то степени имитирует вес, и происходит перераспределение крови и скопление ее в нижней части тела, что характерно для вертикального положения в наземных условиях. Оба эффекта, судя по результатам исследования, оказывают тренирующее воздействие на организм и

предупреждают развитие резких нарушений, прежде всего гемодинамики, в период реадаптации.

Вакуумная емкость была применена в условиях длительных полетов орбитальных станций «Салют» и получила положительную оценку космонавтов. Члены экипажа охотно пользовались этим устройством и отмечали, что тренировка на нем вызывает весьма приятные ощущения.

Приведенные выше методы, купируя неблагоприятное воздействие невесомости на организм человека, безусловно содействуют повышению работоспособности космонавта, надежности его деятельности. Однако конструкторы космической техники должны в своей работе учитывать те изменения, которые проявляются в психофизиологических характеристиках космонавта в условиях невесомости. Например, при конструировании систем управления ПКК нежелательно использовать командную частоту сигнала более чем 0,5 Гц, так как ответная деятельность космонавта по сигналам этой и более высокой частоты в невесомости наиболее подвержена воздействию этого явления. На первом этапе полета, в фазе адаптации, необходимо предусматривать дублирование человека при управлении автоматами и стараться использовать его преимущественно только как простое передаточное звено. Перед полетом, в период подготовки, необходимо добиваться более высокого (как показывает опыт и эксперименты, на 25—35%) уровня профессиональных навыков, учитывая их определенное снижение в условиях воздействия факторов полета.

В последнее время разработан и проходит лабораторные исследования еще один, нетрадиционный метод профилактики неблагоприятного воздействия невесомости на организм человека, его работоспособность и надежность профессиональной деятельности. Это метод с использованием гипноза*. Логика и алгоритм его применения очень просты. Человек, когда к этому имеются показания, должен взять из корабельной магнитотеки определенную магнитофонную пленку, зарядить магнитофон и прослушать формулу внушения. С ее помощью можно внушить человеку ощущение потяжеления его тела до нормальной земной гравитации, так же, как мы выше описывали это, можно внушить ощущение потери веса и создать тем самым модель невесомости. Однако следует

* Эксперименты проводились совместно с Л. П. Гримаком.

отметить, что модель потяжеления тела в невесомости реализовать легче, чем модель невесомости, ибо следы земной гравитации отражены в коре головного мозга шире и сохраняются лучше, чем единичные моменты полной потери веса, встречающиеся в жизненной практике человека. Можно даже в субъективной модели, и это экспериментально нами опробовано, увеличить вес в невесомости по сравнению с наземным. Заданный внушением вес будет держаться неопределенно долго и сниматься той же формулой внушения, записанной на магнитофонной пленке или же по командам гипнотизера-врача по каналам радиосвязи с Земли.

Нами было проведено исследование с участием шести испытуемых, которые в течение 10 суток находились в строго горизонтальном положении в кроватях с жестким покрытием без подушек. Перед экспериментом двум из них внушалась потеря веса, а двум — нарастание веса в 2 раза, двое испытуемых были контрольными. В эксперимент все испытуемые входили в бодрствующем состоянии, но с сохранением внушенной ранее гравитационной гипо- или гиперстезией, т. е. одни из них не чувствовали собственного веса, другие имели ощущения, которые бывают при перегрузке в 2g. И третьи, контрольные, испытуемые чувствовали свой собственный вес. Указанные состояния ощущались 10 суток, во время которых испытуемые выполняли некоторые виды бортовых работ, у них регистрировались параметры сердечно-сосудистой системы, дыхания и т. д.

Испытуемые, которые находились в эксперименте с субъективной гравитацией, имели ряд жалоб на свое состояние. У них появились боли в пояснице, они не могли долго лежать не двигаясь. Им трудно было держать книгу в руках, при приеме пищи они часто отдыхали, мало говорили. Отмечался повышенный аппетит. Увеличилась потливость. Сон стал неустойчивым.

Таким образом, у испытуемых, находящихся в состоянии гипервесомости, определялся весь комплекс симптомов, характеризующих действие на человека повышенной силы тяжести. Причина такого состояния — центральная корковая активация всех нервных процессов, управляющих систем организма, действие которых направлено на купирование действия на организм человека повышенной силы тяжести.

Можно сделать вывод, что на фоне реальной земной

гравитации испытываемые действительно переживают чувство повышенной весомости. То есть в реальной невесомости у человека можно вызвать чувство земной гравитации. Будет ли этот способ борьбы с невесомостью использован для профилактики неблагоприятного действия невесомости, пока утверждать рано, но есть все практические и теоретические предпосылки (не говоря уже о технических и методических) для его использования в практике длительных космических полетов. Ведь это состояние, эту формулу внушения может вызвать сам космонавт, если перед полетом он будет подготовлен и овладеет аутотренингом. Эти методики применял космонавт В. Коваленок в своем 140-суточном полете, и невесомость отступила. Он не чувствовал ее влияния. Отлично работал. Творчески выполнял программу. Есть и объективные показатели. Как известно, почти все космонавты в полете теряют вес. В. Коваленок потерял в весе всего 500 г, практически остался при своем весе. В то же время бортинженер потерял более 4 кг.

Таким образом, анализ существующих средств профилактики воздействия неблагоприятных факторов космического полета на организм человека показывает, что эта проблема еще далека от своего решения, особенно профилактика биологических эффектов невесомости. На ее решение направлены усилия многих коллективов ученых — врачей, инженеров, психологов и психофизиологов.

Человек сделал все, чтобы покорить космос, и сделает все, чтобы работа человека в космосе на благо всего человечества проходила безопасно для его здоровья, в комфортных, привычных ему во время работы на Земле условиях.

Космос человечеству

Будущие межпланетные путешественники — не пассивные пассажиры пушечного ядра, а в полном смысле слова автомобилисты мирового пространства.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

Человек летит в космос не для удовлетворения своего любопытства, не для постановки новых рекордов и не только для проверки своих возможностей. Он покидает Землю и врывается в космос, чтобы освоить его и поставить на службу человечества.

Еще не состоялся старт Ю. А. Гагарина, а в лабораториях уже разрабатывались проекты использования необычных условий космического полета в наших, земных целях.

Проникновение человека в космос имеет огромное значение для исследования Земли и околоземной атмосферы.

И сегодня мы являемся свидетелями активного вмешательства космонавтики в дела земные.

Существуют огромные космические человеко-машинные комплексы, и не случайно появился новый термин «космизация производства», под которым понимается «процесс сознательной деятельности людей, направленный на непосредственное или опосредованное использование в интересах общественного производства закономерностей и явлений космоса, изучение космического пространства и создание связанной с освоением космоса техники».

Большинство ученых считают, что космизация производства будет осуществляться по трем основным направлениям.

Первое — воспроизведение и использование в производственной сфере ряда условий и процессов, свойственных космосу.

Второе — внедрение достижений развития космической техники в другие отрасли производства.

Третье — вынесение в космос некоторых земных производственно-технических комплексов.

В «космизации» сегодняшней науки также наметились три перспективных направления, которые могут внести большой вклад в раскрытие ряда закономерностей развития как живой, так и неживой природы.

Первое — наблюдения из космоса. Они отличаются планетарными масштабами, динамизмом и многоплановостью полученного материала.

Второе — наблюдение за поведением живых организмов (в том числе человека) в необычных для Земли условиях. Известно, что некоторые биологические законы, например генетические, ярче проявляются именно в условиях необычных.

Третье — взаимодействие космонавтики и других наук. Космонавтика сфокусировала в своем развитии научные факты многих наук, что в свою очередь актуализировало наиболее важные, наиболее трудоемкие направления. Именно требования бурно развивающейся космонавтики способствовали ускорению развития смежных наук. В свою очередь актуализация наиболее важных направлений современной науки стимулирует развитие космонавтики.

Через космизацию производства проявляется прикладное значение космонавтики, которая совершенствуется, опираясь на постоянное развитие производства.

В каких же конкретных областях космос уже стал или вскоре станет помощником человека? Что он дает людям и что сможет дать в будущем? Космос начал «работать» в первое десятилетие космической эры. Прежде всего — связь. Когда 7 мая 1895 года А. С. Попов впервые продемонстрировал на заседании физического отделения Русского физико-химического общества принцип радиосвязи, ее дальность не превышала 150 м. А спустя немногим более пятидесяти лет передатчики автоматических межпланетных станций передают информацию с расстояния в сотни миллионов километров.

Сейчас системы спутниковой связи обеспечивают связь в глобальных масштабах. Эти системы основываются на ретрансляции сигналов наземных станций, отраженных поверхностью или аппаратурой спутников. К этим категориям относятся пассивные ретрансляционные спутники, имеющие сферическую отражающую поверх-

ность. Активные ретрансляторы — это спутники, которые воспринимают радиосигналы с Земли, усиливают их и передают на приемные устройства. Наиболее эффективна космическая система связи со спутниками на стационарной орбите. Рассчитано, что три таких спутника способны обеспечить связь с любым пунктом Земли.

В 1967 году в нашей стране была создана космическая система связи «Орбита», в которую входил спутник «Молния-1». Эта система позволила организовать надежные телевизионные передачи. Сейчас около ста наземных станций «Орбита» обеспечивают передачу Центрального телевидения в Ашхабад и Алма-Ату, в Южно-Сахалинск, Норильск и другие отдаленные точки нашей страны.

Бесценна спутниковая связь при обслуживании морских судов в их дальних оксанских рейсах. Для подобной связи используются активные спутники ретрансляции. Экономический анализ показывает, что спутниковая связь не только принесет большую экономическую выгоду, но и повысит оперативность связи, уменьшит время переходов судов из порта в порт.

Вспомним полет космического аппарата «Луна-16». Прилунение в районе Моря Изобилия, забор грунта, старт и полет к Земле... В пробах грунта было обнаружено металлическое железо, которое не боится коррозии. Когда во время доклада в Президиуме АН СССР о предварительном результате исследований этой пробы академик А. П. Виноградов рассказал об этом факте, один из академиков заметил: «Если вы поймете, как получается на Луне такое железо, и научите нас его производить в земных условиях, то это окупит все расходы на космические исследования». Такое железо было получено на Земле в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского.

Полет космического корабля «Союз-6». Экипаж осуществил эксперименты по проведению сварочных работ в условиях открытого космоса тремя способами: сжатой дугой (низкотемпературной плазмой), электронным лучом и плавящимся электродом.

Кроме того, была применена новая технология сварки в условиях космоса.

В США разрабатываются предварительные проекты

большого космического завода, состоящего из нескольких секций длиной 21 м и диаметром 24 м. Считается, что именно в этих условиях рационально изготавливать идеально круглые шарики для подшипников (из жидкого металла), высокотемпературные сплавы, возможно осуществление ряда химических процессов, которые на Земле осуществить или невозможно, или очень дорого. В этих условиях может быть осуществлено соединение материалов различной плотности, двухслойное и трехслойное литье.

Пожалуй, этих примеров достаточно, чтобы убедиться, что в космосе могут эффективно и экономично выполняться трудно осуществимые на Земле и дорогостоящие технологические процессы.

Противники использования космических аппаратов в решении тех или иных хозяйственных задач имели в своем активе одно, на первый взгляд очень весомое возражение: экономическая рентабельность. Полеты в космос пока еще уникальные события, требующие больших материальных затрат. Однако если на этот вопрос посмотреть в историческом аспекте, то данное возражение теряет актуальность. Американские специалисты подсчитали, что в настоящее время стоимость запуска на орбиту 1 кг полезной нагрузки при использовании ракеты-носителя составляет 1780 долларов (отметим, что при первых американских запусках эта цифра доходила до 50 000 долларов). При использовании же многоразовых космических систем эта цифра может снизиться до 170 долларов. Кроме того, может быть снижена сама стоимость полезной нагрузки.

Предполагается использовать искусственные спутники Земли в широком диапазоне даже в тех областях, которые раньше считались фантастическими. Например, в 1970 году, в разгар энергетического кризиса, одна из американских фирм разработала проект ИСЗ для электроснабжения земных предприятий. Спутник имеет солнечные батареи площадью 64 км². Энергия преобразуется в коротковолновые импульсы, прием которых производится антенной 10×10 км. Технически это оправдано. Предлагается также проект по использованию ИСЗ для освещения участков Земли в ночное время с помощью системы зеркал. Подсчитано, что стационарный спутник может осветить на поверхности Земли участок диаметром 320 км.

Однако наиболее продуктивно решаются различные хозяйственные задачи при внекабинном наблюдении Земли из космоса.

Так, например, на орбитальных пилотируемых станциях для изучения земных ресурсов устанавливаются системы фотокамер, работающих в различных областях спектра, спектрометры, радиолокаторы и другая аппаратура.

Система позволяет определять волнение морей, распространение льдов и снежных покровов на суше, границы замерзшей почвы, распространение растительности и ее сезонные изменения.

Весьма информативными оказались фотографии прибрежной зоны океана, а также фотографии снежного покрова. Тонкая структура пространственного распределения снежного покрова может служить эффективным индикатором для анализа геоморфологических структур.

Изучение фотографий, полученных из космоса, позволяет уточнить имеющиеся картографические данные. Например, было установлено, что в некоторых местах русло реки Амазонки показано на картах с ошибкой до 30 км. В различных районах Земли обнаружены новые месторождения полезных ископаемых и нефти. Вблизи Ирана были выявлены два неизвестных ранее моря. Фотографии показали наличие в штате Невада (США) неизвестных кратеров вулканов.

Но, к сожалению, США стремятся использовать космическое пространство не только в мирных целях. Президент этой страны Рейган в декабре 1983 года одобрил пятилетний план «ускоренной разработки» космического вооружения. «Шаг, приблизивший мир к «звездным войнам» — так правильно расценивает этот акт правительства США американский же журнал «Тайм». Эта зловещая программа, реализация которой обойдется американскому народу в 21 млрд. долларов, уже начинает реализовываться. Пентагон проводит испытание противоспутниковой системы АСАТ. В ходе испытаний с борта истребителя F-15 запущена ракета с целью поражения специально выведенного на околоземную орбиту спутника-мишени. Систему АСАТ намечается развернуть на базах ВВС Лэнгли (штат Вирджиния) и Маккорд (штат Вашингтон). Параллельно с этим ведется изуче-

ние вариантов размещения в космическом пространстве и других систем вооружений. Объявлено, например, о состоявшихся у берегов штата Калифорния испытаниях лучевого оружия. Ставятся эксперименты и с пучковым оружием.

В октябре 1983 года в США создано космическое командование военно-воздушных сил, затем и военно-морских сил США. А к 1985 году заправили Пентагона запланировали создание объединенного космического командования.

Но народы мира против милитаризации космоса. Космос должен быть мирным — это позиция Советского правительства, это позиция советского народа, это позиция разума. Космос должен работать на человечество, и он не должен стать ареной губительных для человечества сражений.

Именно этим целям служат советские программы освоения космического пространства. Среди них важное значение имеет изучение космоса по программе «Интеркосмос», в которой участвуют страны социализма. В июле 1976 года по инициативе Советского Союза было принято решение о полетах в космос представителей всех стран, входящих в эту организацию.

Подготовка космонавтов проводилась в два этапа. Уже в конце мая 1977 года был завершен первый этап, космонавты сдали зачеты и приступили к непосредственной подготовке к полету.

2 марта 1978 года в 18 ч 20 мин стартовал космический корабль «Союз-28», командиром которого был советский гражданин А. А. Губарев, а космонавтом-исследователем — гражданин ЧССР Владимир Ремек. Корабль был состыкован со станцией «Салют-6». Губарева и Ремек радужно встретили хозяева станции — Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко.

В следующем году на космических кораблях «Союз-30» и «Союз-31» в космос вышли представители Польши и ГДР. В 1979 году стартует космический корабль «Союз-33». Стыковка не удалась. Но умелые, самоотверженные действия экипажа (Н. Н. Рукавишников и болгарского гражданина Иванова) спасли полет. Возвращение корабля на Землю обеспечивала резервная двигательная установка. Спуск проходил по баллистической траектории. Экипаж благополучно совершил мягкую посадку.

Затем были запущены экипажи с представителями Венгрии, Вьетнама, Кубы, Монголии, Румынии. И позже, по двусторонним соглашениям в космос на советских космических кораблях стартовали и представители стран — не членов «Интеркосмоса» — Франции и Индии.

Во время полетов космонавты разных стран участвовали в разнообразных экспериментах, осуществляли управление кораблем.

Как мы уже говорили, многие области науки и народное хозяйство в целом получают полезную информацию из космоса. Так, спутниковая информация достаточно перспективна для изучения физико-химических полей Мирового океана и всего многообразия термодинамических процессов, обуславливающих его структурную расчлененность и характер взаимодействия с атмосферой и литосферой. На основании спутниковой информации можно будет определять границы и динамику морских течений, ветровых волн в океане, исследовать морфологию береговой черты и морского дна на небольших глубинах.

В области океанографии спутниковая информация позволит решить и ряд проблем народного хозяйства. Среди них определение мест скопления промысловых морских животных, участков океана, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

С помощью только одного ИСЗ, запущенного в июле 1978 года, в течение 5—6 суток был проведен полный обзор полярных районов Земли. Были получены важные для динамики ледяных полей данные: например, установлено, что за четыре дня суммарная площадь льдов уменьшилась на 10%; найдены участки ледяных полей, начавших таяние, в результате можно было прогнозировать районы для выбора маршрутов движения судов, плавающих в Арктике.

Анализируя рост народонаселения, ученые пришли к выводу, что примерно к 2000 году количество людей на Земле должно удвоиться. В связи с этим возникает проблема обеспечения населения пищей. Наиболее перспективным направлением в деле решения этой задачи многие считают освоение океана с целью получения пищевых продуктов.

Одной из самых актуальных проблем океанографиче-

ских исследований становится проблема изучения морской биологии. Результаты этих исследований непосредственно влияют на рыболовство, повышение роли океана в экономике.

С помощью пилотируемых космических кораблей получены неоценимые данные для сельского хозяйства. Еще в 1972 году в специальной монографии, в написании которой принимал участие один из авторов этой книги, были перечислены основные перспективные направления исследований по изучению сельскохозяйственных угодий.

Это фотографирование и визуальные наблюдения за распределением пахотных угодий для определения ежегодных изменений их площадей с целью планирования динамики землепользования;

обследование посевов сельскохозяйственных культур для установления их состава в пределах пахотных угодий и динамики культур в системах севооборота;

инспекция состояний посевов, высоты, сомкнутости, созревания, пораженности болезнями, полегания и других характеристик, необходимых для прогноза урожайности основных зерновых культур;

наблюдения посевов в разных областях спектра для выявления площадей, подверженных болезням.

К 1982 году почти все эти прогнозируемые направления были реализованы. Экипажи орбитальных пилотируемых станций «Салют-5», «Салют-6», «Салют-7» передавали на Землю четкие данные о состоянии посевов в различных районах Советского Союза.

В полную силу сейчас заявляет о себе сельскохозяйственная авиация. Возможно, уже настало время говорить о сельскохозяйственной космонавтике? Ведь даже такой вопрос, как рациональное распределение минеральных удобрений в глобальном масштабе, может решаться с помощью спектрально-фотографий, выполняемых со спутников.

Океанографические исследования самым непосредственным образом связаны с метеорологическими исследованиями и метеорологическим обеспечением. Они также помогают составлять более обоснованные прогнозы погоды. Следует отметить, что проведение систематически повторяющихся наблюдений и измерений в Мировом океане в настоящее время далеко не совершенно. Для

решения этой задачи нужны глобальные средства, позволяющие производить наблюдения и измерения независимо от метеорологической обстановки.

Такими средствами являются искусственные спутники Земли, с помощью которых можно проводить планомерные исследования крупномасштабных океанских процессов.

Развитие космической техники и, в частности, успешное осуществление пилотируемых полетов в околоземном космосе позволяет по-новому взглянуть на проблему сбора информации о гидрологических процессах на Земле. Уникальные возможности искусственных спутников Земли по сбору гидрологической информации намного превосходят возможности других средств сбора данных.

Изучение лесных массивов из космоса, очевидно, станет одной из многих народнохозяйственных «професий» космонавтики. Сейчас космонавты фотографируют лесные массивы, обнаруживают пожары. Были случаи, когда по докладам с орбиты принимались меры к их тушению. Так, в частности, было во время восемнадцатисуточного полета «Союза-9». Экипаж этого корабля сообщил об очаге пожара в тайге, в районе озера Байкал.

Полет кораблей «Союз-4» и «Союз-5» проходил зимой. В это время на территории нашей страны, как правило, не бывает пожаров. Зато достаточно видели их в Южной Америке, Австралии. Особенно заметны они ночью.

Пожары видны невооруженным глазом. А если снабдить космонавтов каким-либо прибором вроде телескопа, то их можно будет рассматривать в деталях. Но непрерывно дежурить у иллюминатора или даже у телескопа космонавты, конечно, не в состоянии. В дальнейшем, видимо, появится аппаратура, которая будет специально настроена на обнаружение пожаров и сможет точно указывать их координаты. Ее можно будет устанавливать как на орбитальных пилотируемых станциях, так и на специализированных автоматических спутниках.

Своевременное обнаружение пожаров — важная, но далеко не единственная задача космического лесоведения. Сейчас с помощью обычной аэрофотосъемки иногда удается определить момент заболевания леса, обнаружи-

вать очаг поражения его вредителями. Своевременно принятые меры помогают предотвратить большую беду. Однако авиация не в состоянии обеспечить частый контроль за лесным океаном. Самолеты имеют ограниченные высоты и скорости полета. Поэтому аэрофотосъемка не может быть эффективной для изучения земной поверхности в глобальном масштабе. Чтобы заснять обширные территории или осуществить контроль за большой площадью, самолетам приходится выполнять много полетов, делать много тысяч снимков. Целесообразно сделать один снимок, равный по площади тысяче самолетных аэроснимков. Для этого надо только подняться выше, т. е. в космос.

Спутники, орбитальные станции позволяют проводить наблюдения за лесами планомерно и регулярно. С орбиты можно контролировать миллионы гектаров леса. Директор Института леса и древесины Сибирского отделения Академии наук СССР академик А. Б. Жуков считает, что космическое патрулирование лесов, фотографирование с орбиты в видимом диапазоне и в других участках спектра позволит не только составить подробные карты с указанием пород деревьев, их возраста, но и непрерывно следить за их жизнью, наблюдать за последствиями деятельности человека, в частности, в тех районах, где идет интенсивная вырубка леса. Можно будет выявлять территории, занятые поврежденным и погибшим лесом.

Такая информация поможет при планировании лесохозяйственных мероприятий в масштабе всей страны (планеты), что значительно улучшит использование лесных ресурсов.

Многие отрасли народного хозяйства применяют достижения космических дисциплин для своего развития, для более рационального решения поставленных задач.

Особенно наглядно это видно на примере здравоохранения. Телеметрическая регистрация основных вегетативных функций человека, аппаратура для психофизиологического контроля деятельности специалистов, реоэнцефалография и другие методы обследования, используемые космической медициной, нашли широкое применение в клинике, в спортивной и подводной медицине. Специалисты считают, что авиакосмическую технологию можно применить для решения таких задач здравоохра-

нения, как создание усиливающего аппарата для больных с нефункционирующими голосовыми связками, создание магнитного стимулятора для слепоглухих, аппарата для телеметрического измерения различных физиологических величин и т. д.

В 1974 году проведены эксперименты по использованию ИСЗ для диагностики, консультаций и лечения заболеваний жителей удаленных районов. При проведении экспериментов осуществлялись передачи ТВ-изображений, ЭКГ и устных указаний врача через ИСЗ, находящихся на различных орбитах.

В заключение главы, используя личный опыт, мы расскажем о проведении океанографических, метеорологических исследований, об изучении верхней атмосферы в полете кораблей «Союз-4» и «Союз-5», о трудностях и особенностях проведения подобных исследований.

К подготовке научных исследований экипаж приступил задолго до начала полета. Необходимо было изучить основы специальных дисциплин, усвоить методы работы с измерительной и регистрирующей аппаратурой. «Оттренировать» себя к точным измерениям в условиях воздействия факторов полета.

Командир корабля «Союз-3» Г. Т. Береговой впервые выполнял большой комплекс подобных измерений. Он исследовал и фотографировал облачный и снежный покровы над различными районами земного шара, вел соответствующие расчеты и передавал на Землю сведения о тайфунах, ураганах. И наша подготовка строилась на основе опыта, приобретенного в полете этого корабля.

Оказалось, что с высоты 200—250 км можно уверенно вести визуальные наблюдения и фотографирование облачного покрова, атмосферных явлений, зоны залегания снегов и т. д.; фотографирование облаков и снежного покрова выполнялось длинными (по 10—15 снимков) и короткими (по 2—3 снимка) сериями при условии обязательного перекрытия соседних снимков не менее чем на 60%.

Для более детального изучения атмосферных явлений, поверхности Земли на борту корабля был установлен специальный спектрометр и выполнено спектрометрирование из космоса сумеречной атмосферы.

Знание спектральной картины распределения яркостей сумеречной атмосферы существенно расширяет возможности по решению так называемых обратных задач

космической атмосферной оптики, т. е. нахождению вертикальной структуры атмосферы по измеренным из космоса ее яркостным характеристикам. В этом отношении большой интерес представляет проблема вертикального распределения плотности и других оптических характеристик аэрозольных частиц, которые могут локализоваться в атмосфере на разных уровнях в виде слоев. Анализ полученных ранее фотографий сумеречной атмосферы показал, что одно из центральных мест в интерпретации оптических данных, получаемых из космоса, занимает проблема фотометрического изучения аэрозольных слоев.

Спектры сумеречной атмосферы вблизи горизонта существенно дополнили фотографические данные, позволили получить более полную картину состояния атмосферы с точки зрения свойств и пространственного распределения атмосферных аэрозолей, а также оптической структуры горизонта и особенности спада яркости вблизи края Земли.

Все наблюдения проводились через иллюминатор корабля. И конечно, картина грандиозная, прекрасная. Действительно, видишь, что Земля круглая.

Несмотря на недостаточную высоту полета, иногда не удавалось полностью охватить взглядом то или иное атмосферное явление. Так, нельзя полностью рассмотреть крупномасштабные облачные скопления, связанные с циклонами. На помощь приходят фотоаппараты: серия снимков... корабль летит — еще серия снимков и т. д. И только после расшифровки снимков на Земле все становится видимым, ясным.

Кроме облачности, большой интерес представляют визуальные наблюдения из космоса других атмосферных явлений. Например, грозовых разрядов ночью, которые на фотографии зафиксировать очень сложно, так как их длительность равна долям секунды, визуально они наблюдаются с борта через облачность в виде световой вспышки оранжево-красного цвета на большой площади. Это дает возможность обнаруживать грозовую облачность не только днем, но и ночью над водной поверхностью. Особенно много таких явлений в районе Австралии и Новой Зеландии.

При наблюдении снега в горах заметно его отличие от облачности как по яркости, так и по отсутствию теней. Тени, которые облака отбрасывают на поверхность

Земли, видны в их разрывах. Снег гораздо ярче облаков. Ледники и снег в горных областях имеют четкие границы, а облачность имеет расплывчатые очертания.

При полете на высоте 200—300 км над освещенной Солнцем поверхностью Земли видимость ее поверхности и ландшафта сохраняется четкой до углов наблюдения в 30—40° от вертикального направления в подспутниковую точку. При увеличении углов визирования вследствие перспективности наблюдаемой картины и влияния атмосферной дымки видимость ухудшается.

Заметна на глаз неодинаковая прозрачность атмосферы над различными географическими районами Земли. Можно с большой достоверностью утверждать, что самая чистая атмосфера над западной частью Тихого океана. Над континентами атмосфера более мутная, видимость хуже. Мутная атмосфера над территорией Западной Европы и Северной Америки. Очень чистая и прозрачная атмосфера в горах, что подтверждается фотографиями и данными визуальных наблюдений.

Над сушей наиболее прозрачная атмосфера наблюдается в районе Камчатки и Австралии.

Вода в океанах имеет большое разнообразие цветов и оттенков: коричневая — в Красном море, свинцово-грязноватого цвета — в северной части Атлантики, в Саргассовом море — голубая и т. д.

Очень разнообразен и цвет суши. Песок в Австралии имеет светло-желтый, очень чистый цвет, а в пустыне Сахара — темно-коричневый с сероватым оттенком. Так же хорошо просматриваются гряды песка и другие детали рельефа земной поверхности на больших площадях.

Зеленый цвет растительности из космоса не фиксируется. Остров Мадагаскар и некоторые районы Африки покрыты мощной растительностью и выглядят почти черными.

Линия горизонта на дневной стороне Земли просматривается нечетко, заметна ее кривизна. Выше дневного горизонта Земли — узкая голубая полоска, цвет которой с увеличением высоты бледнеет, а затем полностью размывается, переходя в черный цвет космоса. Цвет неба вне области, занимаемой атмосферной дымкой, черный. Луна без ореола.

Эффектно, прямо скажем, выглядят «окна» в облачном слое, которые окрашены в темно-красные тона силь-

ного насыщения, и в них наблюдается истинный горизонт Земли.

Очень интересны и имеют большое значение для навигации наблюдения линии горизонта Земли. Однако при полетах на космических кораблях дневной горизонт выглядит размытым и его не всегда можно использовать для навигационных замеров. В то же время в космических полетах было обнаружено явление ночного светящегося слоя пепельно-серого цвета. Существование довольно четкой и устойчивой верхней границы этого слоя позволяет предположить, что ее-то и можно использовать для навигации и ориентации корабля на околоземных орбитах.

Изумительные наряды Земли иногда видны в иллюминатор! При полете на «Союзе-5» один из авторов наблюдал следующую картину.

Когда космический корабль находился в тени Земли, над ночным горизонтом по дуге наблюдался однородно светящийся слой пепельно-серого цвета. Из-за контрастности вблизи видимого горизонта Земли и на верхней границе светящегося слоя создается эффект повышения яркости в виде узких полос. Верхняя граница этого слоя слегка размыта, но достаточно четкая, что позволяет фиксировать ее невооруженным глазом. В середине пепельного слоя видимая яркость уменьшается и остается постоянной, очевидно, из-за отсутствия контраста в яркости соседних уровней. Именно сказочная картина, которую, кажется, ни заснять, ни зарисовать, ни описать нельзя!

При полете в области тени Земли звезды просматриваются в виде светлых точек без расходящихся лучей. Они, конечно, не мерцают. Созвездия опознаются без затруднений по их характерным признакам и очертаниям. В частности, были легко опознаны созвездия Большой Медведицы, Кассиопеи, Возничего, Южного Креста и пр. Момент захода звезд за видимый горизонт Земли хорошо заметен и уверенно фиксировался невооруженным глазом с точностью 0,5—1 с; при заходе за видимый горизонт Земли звезда пропадает довольно резко. Касание звездой верхнего края светящегося слоя фиксируется с точностью 1—1,5 с из-за размытости границы. При проходе звезды через светящийся пепельный слой ее цвет плавно изменяется от беловатого до желтоватого, а яркость уменьшается примерно в 2—2,5 раза, оставаясь

постоянной на фоне слоя. Последнее обстоятельство свидетельствует об однородной вертикальной структуре пепельного слоя.

Своеобразна космическая заря! За 2—3 мин до выхода корабля из области тени пепельный слой на ночной стороне Земли бледнеет, появляется светло-голубой ореол, который постепенно становится все ярче и светлее над горизонтом. Затем в околосолнечной области появляется розовая полоска с красноватой вертикальной «черточкой», быстро превращающейся в овал, который в дальнейшем виден как часть диска Солнца, постепенно всплывающего над горизонтом. Восход Солнца можно наблюдать невооруженным глазом, когда оно видно на одну треть своего диаметра над горизонтом, затем появляется яркий ослепляющий свет прямых солнечных лучей.

Итак, космос уже работает. Космос отдает человечеству часть средств и энергии, которые были затрачены на его исследование.

Психофизиология труда космонавта (Состояние и прогноз)

Без фантазии научная работа превращается в нагромождение фактов и умозаключений, пустых, художочных и зачастую бесплодных.

К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ

В 40—50-е годы считалось фантастикой то, чем сейчас занимается новая область естествознания,— психофизиология труда космонавта.

Усложняются задачи, возлагаемые на человека в космическом полете, ужесточаются условия его функционирования. От 108-минутного полета человек перешел к полету почти годовой длительности. Если в кабине «Востока» космонавту приходилось манипулировать с десятками табло, индикаторов и ручек управления, то в кабине «Салютов» их уже стало более двух тысяч. И, несмотря на это, полетные программы выполняются. Один и тот же космонавт совершает второй, третий, четвертый полеты. И это стало возможным также и благодаря тому, что параллельно с развитием программ космических полетов, даже с некоторым опережением развивалась наука о поведенческих реакциях человека в условиях воздействия факторов космического полета — психофизиология труда космонавта.

Первый полет Ю. А. Гагарина снял многие вопросы, стоявшие перед космической медициной,— человек может жить в необычных условиях космического полета. Его сердце, легкие, центральная нервная система работают, пусть с некоторыми изменениями.

Но оставался еще один вопрос — а сможет ли человек в жестких условиях космоса полноценно трудиться. Решение этого вопроса можно считать основной задачей новой отрасли космической медицины и биологии — психофизиологии труда космонавта.

С развитием пилотируемой космонавтики меняется и структура этой отрасли науки. Если на первых порах

любой эксперимент, в результате которого предполагалось получить информацию о деятельности космонавта, выполнялся в общей программе медико-биологических исследований, то, начиная с 1964 года, с полета первого многоместного космического корабля «Восход», программы исследований стали включать более частные задачи — изучение функций анализаторов, эмоциональной напряженности, биомеханики и т. д.

В настоящее время психофизиология труда космонавта преимущественно занимается теми исследованиями, которые непосредственно направлены на повышение эффективности реализации космических программ, повышение безопасности космических полетов в целом. Одновременно уточняются разделы психофизиологии труда космонавта, устанавливаются связи этой области с различными направлениями фундаментальных и прикладных наук. В нашей книге мы рассказали о состоянии отдельных разделов психофизиологии труда космонавта. А сейчас попытаемся на фоне проблем, которые стоят перед этой наукой, показать тенденции их развития в ближайшие десятилетия.

Как нам кажется, общей задачей психофизиологии труда космонавта станет проектирование его деятельности на основе дозированного структурирования ее отдельных этапов, комплексного, рационального использования как человеческих, так и машинных возможностей. Как частные задачи, так и круг более общих актуальных проблем психофизиологии труда космонавта будут определены запросами практики пилотируемой космонавтики.

Рассмотрим эти проблемы применительно к этапам подготовки и реализации космических полетов.

Отбор космонавтов. Эта проблема прежде всего включает медицинский отбор космонавтов — амбулаторное и госпитальное обследование и первоначальную и предполетную подготовку к космическому полету. Существующая на сегодняшний день система отбора себя оправдала.

Появление новых классов пилотируемых космических аппаратов и особенности управления ими обуславливают повышение требований не только к общему состоянию здоровья, но и к особенностям психики космонавтов. Поэтому уже в ближайшем будущем можно ожидать применения дифференцированного психофизиологи-

ческого отбора, вернее, подбора экипажей, например, для метеорологических, промышленных или научно-исследовательских спутников. Этот подбор будет базироваться на выявлении признаков, значимых для профессиональной деятельности космонавтов, на определении их психофизиологических показателей, на отработке норм отбора для полетов определенного назначения. Этот подбор будет производиться среди практически здорового контингента космонавтов, т. е. среди кандидатов, уже прошедших первичное медицинское обследование. Он будет скорее напоминать рациональное распределение кандидатов для выполнения различных космических программ. При этом особую важность приобретает специальный отбор стрессустойчивых операторов, приспособленных к длительному действию факторов полета, к работе в дезадаптированном состоянии.

В ближайшем будущем психофизиологам труда космонавтов придется уже на этапе отбора определять индивидуальные психические характеристики, психические и психологические резервы кандидатов на роль лидера в замкнутом коллективе. Одновременно будет решаться задача совместимости отдельного космонавта с экипажем, т. е. подбора экипажей по принципу оптимальной личностной и профессиональной совместимости при групповой деятельности. Для решения всех перечисленных задач большое значение приобретает разработка количественных, математических критериев отбора, которые должны быть основаны на объективных физиологических, психологических и профессиональных показателях.

В то же время следует подчеркнуть, что методика отбора по своей форме приблизится к обычной профессиональной тренировке. То есть будет соблюдаться «закрытость» получения первичных данных, их естественность, непринужденность. При выполнении кандидатом всех операций в машинную память будут поступать показатели физиологических функций — частота пульса, электрокардиограмма, электроэнцефалограмма и т. д., данные об оперативной памяти, времени двигательной реакции, приема решения и т. п. Таким образом, полностью снимется эффект «белого халата», когда человек, подходя к кабинету врача, уже чувствует волнение, сердцебиение, особенно если у него в прошлом отмечались какие-нибудь отклонения.

· Безусловно, ведущую роль будет играть также степень профессиональной мотивации. И если человек не горит идеей конкретного полета, если профессиональные, социальные мотивы для него не превыше всего, он не может быть отобран для выполнения полета.

Подготовка космонавтов. В настоящее время существует несколько направлений подготовки космонавта как специалиста. Это физическая и медико-биологическая подготовка, подготовка техническая — космонавт должен знать корабль, на котором он будет выполнять полетное задание, и, наконец, подготовка к выполнению этого задания — профессиональная подготовка.

На первых этапах развития космонавтики, и это естественно, преимущество отдавалось физической и медико-биологической подготовке. Затем стало развиваться второе направление. В период многоцелевых маневренных кораблей «Союз» большое внимание стало уделяться третьему направлению. Параллельно с этим расширялся и круг психофизиологических проблем.

Если раньше все три вида подготовки космонавтов проводились порознь, то в настоящее время они все больше сближаются. Ожидается, что психофизиологи будут решать свои задачи по оптимизации навыков у космонавтов, в том числе с использованием машинных систем, бортовых тренажеров, развитию и активации творческого мышления космонавта как в обычных, так и в усложненных условиях не только в кабинетах и на лабораторных стендах, но и в условиях реального тренажа, тренировочных космических полетов. Будет совершенствоваться система психологической подготовки экипажей.

Особо важное направление психологической подготовки — формирование психической готовности к деятельности в исключительных ситуациях, например, к деятельности в условиях воздействия помех большой интенсивности, в аварийных ситуациях, при проведении психогигиенических и психопрофилактических мероприятий. При этом основная проблема психофизиологии труда космонавтов будет заключаться в подготовке космонавта к управлению его собственным состоянием. Динамика развития науки подсказывает, что будут разработаны дифференциальные (прицельные) средства психофармакологии, активизирующие, например, восприятие, психофизиологические резервы, внимание или бди-

тельность и т. д. Используя метод аутотренинга (психосоматической тренировки), космонавты будут более углубленно заниматься проблемами корректировки своего состояния, работоспособности, биологических обратных связей и др. В успешном решении этой проблемы поможет также специальная программа «вывозных» космических полетов, как в авиации со спаренным управлением, работа на специальных орбитальных тренировочных станциях-базах, использование машинного парка для приближения тренажных операций к реальной действительности.

Взлет, снижение в атмосфере и посадка. В настоящее время на активных участках космического полета, особенно на участке вывода корабля на орбиту, человек-оператор используется малоэффективно из-за действия перегрузок. Поэтому на этих этапах полета применяется автоматическое управление. Но в то же время ручной способ управления исключать нельзя. Следовательно, оптимизация деятельности оператора в условиях перегрузок как психофизиологическая проблема сохранит свою актуальность.

Психофизиологам труда совместно с конструкторами предстоит по возможности исключить или значительно упростить в структуре управления на этом этапе тонко координированную двигательную деятельность оператора. Это можно осуществить с помощью чисто технических приспособлений (демпферных устройств, полуавтоматизированных органов управления с директорными программами, узкопрофильных электронно-вычислительных устройств и т. д.). Перспективными в этом отношении следует считать работы по бесконтактному (или же контактному, по проводам) использованию биопотенциалов мышц конечностей в контурах управления, т. е. информация с мышц через логический блок будет поступать непосредственно в машины, минуя передаточную функцию органов управления.

Большое значение приобретает использование психофизиологических параметров оператора в системе обратной связи, оптимизирующей управление. Например, космонавт во время перегрузок при помощи телеграфного ключа или какого-либо другого органа управления передаст на Землю некоторую информацию. Перегрузки действуют на качество передачи, и когда накапливается определенное количество ошибок, автомат подключает

корректирующую машину, перегрузки снижаются, деятельность нормализуется и тот же автомат освобождает человека от ненужных и неэкономичных усилий. Экспериментальные проработки подобных вопросов уже проводятся. В настоящее время ведется поиск параметров состояния операторов, характеризующих снижение надежности его деятельности. Автоматически преобразуясь, они включают специальные структурные элементы управления в виде дополнительных (оптимизирующих) блоков.

Весьма перспективны исследования по адаптации информационно-логических машин к активному этапу космического полета. По всей видимости появятся новые формы взаимосвязи и взаимодействия оператора и машины под воздействием перегрузки. При этом основное оперативное решение будет принимать человек, обработку решения и выдачу командного импульса будет осуществлять машина, исполнительными органами станут манипуляторы автомата. Именно на этом этапе полета актуализируется проблема голосовой связи операторов с машиной. Безусловно, будет продолжаться работа по совершенствованию противоперегрузочных кресел, костюмов и некоторых других технических средств, облегчающих труд космонавта на данном этапе полета.

Орбитальный полет и полет к другим небесным телам. На этом этапе решающее влияние на состояние организма, его физиологические и психические свойства, на надежность оператора как блока системы управления оказывает фактор длительности. Поэтому основные проблемы психофизиологии космического труда так или иначе связаны с действием именно этого фактора. Работа экипажей в длительных полетах на долговременных орбитальных станциях, на межпланетных кораблях имеет свои особенности и обуславливает специфические психофизиологические проблемы. Рассмотрим некоторые из них.

Все еще актуальной останется проблема устранения отрицательного влияния длительно действующей невесомости, так же как и проблема утомляемости экипажа из-за длительного действия условий однообразной работы и частичной сенсорной депривации. Фактор длительности полета, кроме того, повышает вероятность отказов техники и, следовательно, может способствовать

развитию утомляемости в результате выполнения непланируемых работ в непланируемое время. Будет сказываться и перестройка суточного режима.

Все эти проблемы могут быть решены различными методами и средствами: техническими, медикаментозными, организационными и т. д. Мы остановимся лишь на методе активной коррекции состояния членов экипажа. Такого рода эксперименты проводились ранее, и надо полагать, что внедрение их результатов в практику — дело ближайшего будущего. Эксперименты включали в себя гипнотические методы стимуляции (гетеростимуляцию) работоспособности операторов, осуществляемые по каналам штатной радиосвязи в период непрерывной трехсуточной операторской деятельности. При этом определялась степень активации вида деятельности, которая на данном этапе полета принята в качестве штатной профессиональной работы. Активация деятельности, повышение ее качества на 35—40 %, безусловно, характеризует этот метод как перспективный в борьбе с наступающим утомлением. Следует подчеркнуть, что все испытуемые, участвовавшие в подобных экспериментах, в своих отчетах отмечали, что наряду с появлением ощущений бодрости, чувства отдыха у них формировалась прочная психическая установка на высокопродуктивную деятельность. Указанная коррекция состояния оператора занимала около 7 мин, а ее действие сохранялось в течение 4—6 ч.

Еще в 1911 году для борьбы с длительной невесомостью К. Э. Циолковский предложил создавать искусственную силу тяжести. Первые работы по экспериментально-физиологическому обоснованию минимально эффективной величины искусственной силы тяжести были проведены в 1961 году.

Существуют различные проекты создания искусственной силы тяжести на пилотируемых кораблях. Все они основаны на замене сил тяготения инерционными центробежными силами (корабль — вращающееся колесо, вращение корабля и соединенной с ним длинным тросом массы-противовеса и т. д.).

В реализованных полетах (а также в планируемых на ближайшее будущее) не было настоящей необходимости в создании искусственной гравитации на борту КК, и это несколько сдерживало решение указанных задач. К тому же техническая реализация приведенных

способов сложна, еще не полностью отработана, и ее осуществление в будущем поставит соответствующие психофизиологические проблемы.

В последнее время, об этом говорилось выше, мы широко используем для психофизиологического анализа невесомости ее модель, создаваемую методом постгипнотической гравитационной анестезии. Опыт показывает, что такая модель после однократного внушения может сохраняться 30 суток и более. Хотелось бы решить и прямо противоположную задачу: в условиях невесомости формировать субъективные ощущения повседневной земной гравитации. Надо полагать, что психофизиология в течение ближайших десяти лет решит проблему практического использования психических эквивалентов гравитации, методов их создания, поддержания и применения. При подготовке длительных межпланетных полетов эти методы должны быть апробированы в орбитальных полетах и приняты к практическому использованию в программах космических исследований.

Следующей проблемой, которая связана с длительностью полета, является проблема защиты человека от «информационного и сенсорного голода».

Развитие современной техники позволяет искусственно продуцировать различные сенсорные раздражители на борту космического корабля. Однако согласно современным представлениям наши анализаторные системы — это не просто открытые каналы для произвольного восприятия информации. Даже в рецепторах, а особенно в центральных звеньях анализаторов, происходит непрерывное исследование, вероятностный отбор раздражителей, их ранжирование, соединение в комплексы и т. д. Следовательно, даже хорошо смоделированный комплекс «земных» раздражителей вряд ли создаст полноценный эффект.

Какие же пути решения этой проблемы предлагает психофизиология космического труда?

Прежде всего необходимо помочь организму космонавта в мобилизации центральных зон анализаторов к встрече с моделируемыми «земными» шумами и реагированию на них. В таком случае нужно получить ожидаемый эффект присутствия, который будет купировать отрицательные явления частичной сенсорной депривации членов экипажа. Активная коррекция психического состояния оператора в полете поможет решить эту задачу.

Проблема управления состоянием человека — одна из основных проблем психофизиологии труда в ближайшем будущем. Однако уже сейчас появились экспериментальные проработки, которые указывают на возможные пути решения этой проблемы: использование методов постгипнотической реализации заданных состояний и методов специальных аутогенных тренировок. Дальнейшая разработка указанных методов, их практическая реализация будут играть положительную роль и в решении проблемы утомления, упорядочения режима труда и отдыха экипажей, оптимальной организации дней отдыха и т. п. Безусловно, будут применяться и некоторые направления психофармакологии, гигиены, физической культуры и т. д.

Остановимся на психофизиологических проблемах подготовки и обеспечения выхода космонавта в открытый космос, передвижения и работы в практически безопорном и безориентированном пространстве. Проведенные фирмой «Бея аэроспей» по заказу ВВС США исследования показали, что космонавт на борту ПКА может выполнить только 60% всех задач, связанных с техническим обслуживанием корабля в орбитальном полете. Для выполнения оставшихся 40% задач нужно, чтобы космонавт с инструментом в руках вышел в открытый космос, диагностировал отказ и ликвидировал его. Но в открытом космическом пространстве у космонавта нарушается психологическое представление о своем положении относительно корабля. Работая вне корабля, он должен перейти к новой системе ориентации, опираясь лишь на зрительные восприятия. А зрительный канал нужен для проведения работ, т. е. активной деятельности. Какие координаты для пространственной ориентации должен использовать космонавт, как он может применять их, не отрываясь от работы?

Ориентация с помощью системы координат, опирающейся на продольную и поперечную оси корабля, при большом удалении от него невозможна. Поэтому эта проблема останется актуальной и в будущем. И нам кажется, что информацию о положении основных осей корабля можно подавать при помощи радиосигналов, например, по вибрационному каналу; космонавт будет воспринимать ее почти автоматически.

Значительно возрастает актуальность проблемы передвижения в открытом космосе, а также по поверхности

корабля. Сейчас предложен ряд приспособлений для передвижения космонавта по поверхности корабля (магнитная обувь, скобы, леера, клеящие и сцепляющиеся вещества и др.). Однако, используя эти приспособления, несомненно облегчающие передвижение в условиях безопорного пространства, космонавт, как мы уже говорили, вынужден больше думать о процессе передвижения, чем о выполнении тех операций, ради которых совершается выход в открытый космос (внимание космонавта приковано к включению-выключению магнитов, отрыванию закрепленных конечностей, если используются клеящие вещества, вставлению ноги в специальные скобы и т. д.).

Наилучшим вариантом психофизиологического решения вопросов передвижения, его автоматизации, на наш взгляд, будет психофизический, т. е. использование биопотенциалов мышечных групп, участвующих в локомоциях, для управления автоматическими системами, например, включение различных групп магнитов в магнитной обуви с обязательной системой обратной связи.

Выход в открытое космическое пространство в орбитальном полете или при осуществлении межпланетных полетов необходим для решения ряда ответственных задач. Не последнее место среди них занимают профилактический осмотр и текущий ремонт, замена оборудования на внешней поверхности корабля.

В зарубежной литературе начала 70-х годов приводились результаты расчетов надежности космического полета. Так, надежность автоматического планетарного полета оценивается в 22%, с человеком на борту — в 70%. Если же космонавт имеет возможность ремонтировать аппаратуру и системы корабля, надежность полета повышается до 93%. Можно оспаривать точность этих цифр, но факт повышения надежности полета в результате вмешательства человека в работу систем не вызывает сомнений.

Для диагностики состояния технических систем и их ремонта необходимы специальные инструменты. Но в условиях невесомости к ним предъявляются особые требования. Это относится и к инструментам, имеющим вращательный момент, и к ударным, и к рычажным. В решение и этой важной проблемы психофизиология также вносит свой вклад.

Для выполнения некоторых работ в открытом космосе космонавту приходится удаляться от корабля-матки

на значительное расстояние (километры, десятки километров). Для этого в зависимости от планируемой удаленности выхода могут быть использованы различные средства: реактивные устройства пистолетного типа (для передвижения в радиусе десятков метров), космические «такси» в виде негерметических устройств и герметических капсул для удаления от ПКА на несколько километров.

В проведенных экспериментах получены ответы лишь на некоторые частные психофизиологические вопросы использования указанных систем. Так, В. И. Степанцовым, А. В. Ереминым и С. А. Алекперовым было показано, что с психофизиологической точки зрения тянущий принцип установки пистолетного типа больше соответствует условиям выхода и передвижения космонавта в безопорном пространстве. С точки зрения надежности, безопасности и удобства управления оптимальной является реактивная двигательная установка в виде заплечного ранца с двумя автономными контурами: контуром управления угловым движением космонавта вокруг его центра масс и контуром управления движением центра масс космонавта в пространстве. Эти же эксперименты показали, что качество управления и психофизиологическая напряженность операторов практически одинаковы при использовании двух ручек (когда обе руки оператора заняты) или одной четырехстепенной ручки. Следовательно, конструкторы будущих систем передвижения космонавта скорее всего остановятся на четырехстепенной ручке, освобождающей другую руку от участия в процессе управления.

Использование автономных капсул в дальних полетах, при обслуживании других ИСЗ практически не изучено. По всей видимости, системы управления (системы индикации, сигнализации и т. д.) в этих случаях не должны принципиально отличаться от систем управления ПКА и в то же время должны отвечать требованиям, поставленным перед пилотом. Вероятно, совершенно иной по сравнению с системами управления ПКА будет система управления внешними манипуляторами. В этом плане психофизиологам предстоит решать вопросы не только инженерно-психологического конструирования систем манипуляторов, но и обучения, тренировки и работы с ними.

Максимальной надежности в работе системы космо-

навт — ПКА можно достичь лишь при оптимальном распределении функций между человеком и автоматическими устройствами. А для этого необходим точный количественный учет состояний и надежности отдельных блоков больших и сложных систем. Для оценки надежности функционирования технических устройств и замкнутых систем с автоматическим управлением существуют детально разработанные и апробированные методы. В то же время для характеристики деятельности человека-оператора практически еще нет обобщенных методов оценки. Попытки разработать их неизменно приводили к качественным, а не к количественным описаниям. На наш взгляд, в ближайшем будущем психофизиологи продолжают работу по созданию обобщенной оценки качества деятельности космонавта и ее прогнозированию хотя бы на 2—3 витка вперед при орбитальном полете или хотя бы на сутки при монотонной деятельности длительного межпланетного перелета.

При отборе признаков для создания обобщенных критериев оценки деятельности космонавта и ее прогнозирования ученым необходимо учитывать особенности структуры деятельности космонавта и уровни информации, приема решения и выдачи командных импульсов. Кроме того, важно учитывать энергетическую (физиологическую) цену выполняемой операции на заданном уровне, качество профессиональной деятельности и, кроме того, состояние каналов связи оператора (зрительного, слухового или вибротактильного), показатели лабильности основных нервных процессов, характеристики реакций оператора, особенно зрительно-двигательной координации.

Из физиологических показателей, по всей видимости, можно будет выделить дисперсию частоты сердечных сокращений, температуры тела и т. д. Перспективен и по всей вероятности будет использован для указанного анализа метод интонационного изучения речи космонавтов. Математический аппарат даст возможность выразить все указанные величины одним показателем, который позволит оценивать степень надежности деятельности оператора и его готовности к выполнению операций управления.

Чисто техническое решение этого вопроса в настоящее время не вызывает затруднений, так как обработка всех тестовых и электрофизиологических показателей

может осуществляться в одном приборе. Электронно-лучевая система обеспечивает предъявление тестов на зрительную работоспособность, исследование таких функций и реакций оператора, как преследующее и компенсаторное слежение, экстраполяция и т. д. Контактные датчики замеряют частоту пульса, температуру тела и т. д. Средние показатели каждого теста поступают в запоминающее устройство и затем согласно алгоритму используются для расчета обобщенного показателя. Это лишь одна из возможных схем технического решения указанного вопроса.

Создание обобщенного критерия оценки работоспособности позволит подойти к решению другой актуальной проблемы, имеющей как практическое, так и существенное теоретическое значение в развитии общей теории психофизиологии, — проблемы диагностики психических состояний.

И наконец, немаловажное значение в многоцелевых космических полетах приобретает проблема разработки методов предполетной психофизиологической экспертизы программы космических исследований. В настоящее время подобные мероприятия проводятся после завершения программы полетов, когда известны степень и качество выполнения намеченных на полет задач. Предметом же исследования должно стать прогнозирование загрузки космонавтов в полете на этапе формирования объема и содержания программы космических исследований с учетом ее сложности, обученности и помехоустойчивости экипажа к действию факторов полета, возможности повторного выполнения отдельных элементов программы на следующих витках полета и т. д. Решение данной проблемы скорее всего будет базироваться на детальном анализе научной программы полета и на учете степени деформации профессиональных навыков на различных его этапах.

В области психофизиологии труда космонавта несколько обособленно стоит проблема языковой совместности в длительном космическом рейсе. В своей научно-фантастической повести «Вне Земли» К. Э. Циолковский предсказывал возможность совместной работы в космических полетах многонациональных экипажей. На борту звездного корабля, о котором рассказывается в повести, находились русские, француз, англичанин, немец и итальянец. И в наше время мы были свидетелями полета и

стыковки кораблей СССР и США, отбора, подготовки и полета представителей ряда социалистических стран, а также Индии и Франции.

В недалеком будущем совместная работа на орбите разноязычных экипажей станет повседневным событием. Чтобы такой коллектив мог решать практические задачи в нормальных условиях полета, нужна прочная двуязыковая база. Однако в эмоционально насыщенных условиях, при усложнении полета и в аварийных ситуациях надежность языка для общения проблематична. Поэтому психофизиологам труда придется заняться разработкой специализированного полетного языка для межэкипажной связи, а также для связи по линиям КЛА — Земля. Накопленный опыт работы разноязычных коллективов (моряков, летчиков, спортсменов и др.) показывает, что в стрессовых ситуациях наиболее стойки и надежны жаргонные принципы общения, имеющие профессиональные, а не национальные оттенки.

* *
*

Психофизиология труда космонавта — это прикладная область общей психофизиологии, которая решает насущные практические вопросы пилотируемой космонавтики. Поэтому ее основной базой и является общая методология психофизиологии. В то же время психофизиология труда космонавта вносит свой вклад в общую психофизиологию, в частности, в решение проблем стресса, адаптации, управления состоянием человека. Фундаментальные идеи психофизиологии становятся связующим звеном между различными областями науки и техники.

СОКРАЩЕНИЯ

ИСЗ — искусственный спутник Земли

КК — космический корабль

КЛА — космический летательный аппарат

ОПС — орбитальная пилотируемая станция

ОС — орбитальная станция

ПКА — пилотируемый космический аппарат

ПКК — пилотируемый космический корабль

РПС — регистратор процессов слежения

ТДУ — тормозная двигательная установка

УРИ — универсальный ручной инструмент

ШК — шлюзовая камера

ЛИТЕРАТУРА

Воробьев Е. И., Газенко О. Г. и др. Результаты медицинских исследований при проведении длительных пилотируемых полетов по программе «Салют-6». — Космическая биология и авиакосмическая медицина, 1984, т. 18, № 1, с. 14—29.

Генин А. М., Гуровский Н. Н. Человек в космосе. М., Медицина, 1963.

Глазков Ю. М., Хачатурьянц Л. С., Хрунов Е. В. На орбите, вне корабля М., Знание, 1980.

Деятельность космонавтов в полете и повышение ее эффективности. Сборник. М., Машиностроение, 1980.

Космические полеты на кораблях «Союз». М., Наука, 1976.

Психологические проблемы космических полетов. Сборник. М., Наука, 1979.

Хачатурьянц Л. С., Гримак Л. П., Хрунов Е. В. Экспериментальная психофизиология в космических исследованиях. М., Наука, 1976.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие
3

От авторов
6

Глава 1
ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ
8

Глава 2
ТОЛЬКО ЛИ НЕВЕСОМОСТЬ?
15

Глава 3
АКТИВНЫЕ УЧАСТКИ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА
36

Глава 4
НА ОРБИТЕ
49

Глава 5
В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ
77

Глава 6
**ПРОФИЛАКТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ФАКТОРОВ ПОЛЕТА**
105

Глава 7
КОСМОС ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ
112

Глава 8
**ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА КОСМОНАВТА
(СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ)**
127

Литература
142

*Левон Суренович Хачатурьянц,
Евгений Васильевич Хрунов*

ПОБЕЖДАЯ НЕВЕСОМОСТЬ

Главный отраслевой редактор *В. П. Демьянов*

Редактор *В. М. Климачева*

Мл. редактор *Н. А. Васильева*

Художник *А. Е. Григорьев*

Худож. редактор *М. А. Гусева*

Техн. редактор *С. А. Птицына*

Корректор *С. П. Ткаченко*

ИБ № 7027

Сдано в набор 26. 03. 85. Подписано к печати 28. 08. 85.
А 13835. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 1. Гар-
нитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,56.
Усл. кр.-отт. 7,88. Уч.-изд. л. 7,70. Тираж 72000 экз.
Заказ 5—343. Цена 25 коп. Издательство «Знание». 101835,
ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа
857726.

Отпечатано с матриц ордена Ленина комбината печати
издательства «Радянська Україна» на полиграфкомби-
нате ордена «Знак Почета» издательства ЦК ЛКСМУ
«Молодь», 252119, Киев-119, ул. Пархоменко, 38—42.

25K.

