

НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

8/1973

СЕРИЯ
КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ

Л. С. Хачатурьянц
Е. В. Хрунов
В ОТКРЫТОМ
КОСМОСЕ



Л. С. Хачатурьянц,

доктор медицинских наук

Е. В. Хрунов,

кандидат технических наук,
летчик-космонавт СССР

В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва 1973



6 Т 6
Х-29

**Хачатурьянц Левон Суренович,
Хрунов Евгений Васильевич**
Х-29 В открытом космосе. М., «Знание», 1973.
(Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика,
астрономия», 8).
64 с.

Авторы брошюры — летчик-космонавт СССР, непосредствен-
но принимавший участие в эксперименте по выходу в космическое
пространство, и врач, готовивший космонавтов к испытаниям в
космосе, — убедительно и доходчиво рассказывают о тех проб-
лемах, с которыми сталкивается человек при выходе в открытый
космос.

2-6-5

6 Т 6

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ОТ АВТОРОВ | 3 |
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| ДЛЯ ЧЕГО НУЖЕН ВЫХОД КОСМОНАВТА ИЗ КО- РАБЛЯ В ОТКРЫТОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАН- СТВО? | 7 |
| СБЛИЖЕНИЕ И СТЫКОВКА КОРАБЛЕЙ В ПОЛЕТЕ. МЕТОДЫ ВЫХОДА В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС | 11 |
| ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТА К ВЫ- ХОДУ В ОТКРЫТОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО | 14 |
| ПЕРВЫЙ ВЫХОД ЧЕЛОВЕКА В ОТКРЫТОЕ КОСМИ- ЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО | 21 |
| СМЕНА ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ В ПОЛЕТЕ | 32 |
| В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ ПО ПРОГРАММЕ «ДЖЕ- МИНИ» | 40 |
| ЭМОЦИИ ПЕРВОГО ШАГА | 49 |
| КОСМОНАВТЫ НА ЛУНЕ | 53 |
| ЗА БОРТОМ КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ | 61 |

ОТ АВТОРОВ

Еще задолго до первого выхода человека из корабля в открытое космическое пространство авторы, всматриваясь как-то в чернobarхатное южное небо, вели разговор о бездне космоса, об огромных скоростях, с которыми пронесется над родной планетой выходящий из корабля космонавт, о различных трудностях и неопределенности, которые он встретит там, об особенностях подготовки к такому полету. И это был не случайный разговор. Один из нас был включен в группу непосредственной подготовки к полету космического корабля «Восход-2» дублёрм выходящего космонавта; другой проводил биомеханические тренировки этой группы, готовил программу исследований двигательной активности космонавта в полете. Один — инженер летчик-истребитель, прошедший полный курс подготовки космонавтов, второй — врач-психофизиолог, специалист, изучающий деятельность космонавта-оператора в полете. Один влюблен в космос, в высоту и скорость, другой — в физиологию активности Н. А. Бернштейна, алгоритмические схемы деятельности, оперативную работоспособность. Поэтому разговор состоялся интересный... и очень долгий, он продолжался после этого вечера целых 8 лет и сейчас еще не окончен. О некоторых проблемах, уже решенных и еще требующих своего решения, авторы и решили рассказать читателям.

Как видно из названия, разговор будет идти об открытом космосе: о технике шлюзования и стыковки, о подготовке к работе и передвижению в открытом космосе, о чувствах человека и его реакциях, т. е. об эмоциях и т. д. Мы надеемся, что данная работа будет понятна и полезна инженеру и медику, методисту и кон-

структору, психологу и любому другому специалисту, который интересуется космонавтикой и психофизиологией, функционированием сложных систем и инженерной психологией.

О выходе космонавта в открытый космос написано немало. Однако эти работы, как правило, характеризуют какой-либо один вопрос. Мы же постараемся к этой проблеме подойти несколько шире.

ВВЕДЕНИЕ

За последние 20—25 лет творческая мысль человека выдвинула на одно из первых мест проблему автоматизации производства. И у нас в стране эта проблема — одна из основных. В Программе КПСС указывается, что при осуществлении комплексной автоматизации особое внимание необходимо обратить на интенсифицирование производства, при котором для человека не создается излишнее напряжение. Подход к человеку как к главному и особому звену общей системы «человек—машина» поможет решить наиболее важные вопросы надежности работы всей системы. Именно человек — главное звено. Машина для человека, а не человек для машины. Если человеку трудно эксплуатировать машину, значит она плоха, ее надо совершенствовать, дорабатывать до такого состояния, чтобы ею можно было управлять с минимальной затратой энергии без излишнего нервно-психического напряжения.

Если раньше конкретной формой реализации трудовой деятельности человека служила сила его мускулов, а контрольными датчиками являлись его чувства, то в настоящее время труд — это координированное взаимодействие людей и машин, различных управляющих блоков и индикационных табло, оборудования и аппаратуры. Автоматизация труда, как бы нивелируя различия между профессиями, выдвигает новый вид специалиста — человека-оператора. В работе человека-оператора есть особенность: связи с объектом управления осуществляются через особые технические устройства, порой очень сложные и «умные». Это устройства ввода информации в машину и ее отображения. В настоящее время наряду с упрощением систем ввода информации значительно усложняются системы обратной связи, т. е. каналы, по которым к человеку поступает информация о

состоянии системы управления, правильности принятого решения, достаточности уровня входной информации и т. д.

Все это целиком и полностью относится к характеристикам деятельности оператора в такой новой области, как космонавтика. Здесь отмечен колоссальный темп развития техники, усложнение выполняемых задач. Вспомним первый полет Ю. А. Гагарина в 1961 г., выход в открытый космос в 1965 г., стыковку и переход из корабля в корабль в полете в 1969 г. и первую орбитальную космическую станцию «Салют» в 1971 г.

Опираясь на огромные технические достижения, становление профессии космонавта в то же время имело скромную физиологическую базу. К первому полету человека в космос не был ясен ряд вопросов, имеющих большое значение в жизнеобеспечении космонавта. Поэтому сначала человек сделал виток на орбите, затем летал сутки, затем несколько суток. Космонавты и медики накапливали опыт на более длительные полеты, однако вопросы изучения системы жизнеобеспечения, динамики состояния организма, апробации методов отбора, подготовки космонавтов по-прежнему занимают основное место в программах космических полетов.

Изучение работоспособности и других характеристик деятельности космонавта занимало в первых полетах 10—15% времени научных исследований. Но уже начиная с полета многоместных космических кораблей типа «Восход», подобные исследования начинают расширяться и занимают ведущее место в научных программах полетов кораблей типа «Союз» и орбитальных станций «Салют».

В процессе становления и расширения эргономических исследований в космических полетах образовался ряд направлений, изучающих возможности космонавта как оператора — например, надежность космонавта-оператора при ручном управлении ориентацией и стабилизацией корабля, выполнение автономной астронавигации, управление кораблем на спуске и т. д.

Перед исследователями встала задача широкого комплексного изучения возможностей техники и человека в отдельности и в системе «человек—машина», подготовки и проведения выхода человека в открытый космос, передвижения в нем и работы за бортом корабля.

В этом плане исследования носят именно эргономический характер. Ученых интересует и оптимизация систем управления переходом, и роль человека в управлении этими системами.

ДЛЯ ЧЕГО НУЖЕН ВЫХОД КОСМОНАВТА ИЗ КОРАБЛЯ В ОТКРЫТОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО!

Решение этой проблемы имеет большое значение для теории и практики космических исследований. Дело в том, что следующим этапом развития космической техники будет создание больших и долговременных орбитальных станций, тяжелых межпланетных кораблей, воздушно-космической авиации. Дальнейшее освоение космического пространства вызывает необходимость выхода человека в открытый космос для выполнения ряда практических и научно-прикладных задач.

Первая из них — профилактический осмотр и текущий ремонт, замена оборудования на внешней поверхности корабля. В зарубежной литературе начала 70-х годов приводились результаты расчета надежности космического полета. Так, надежность автоматического полета — 22%, с человеком на борту — 70%, если же космонавт имеет возможность ремонтировать аппаратуру и системы корабля, надежность полета повышается до 93% — большая разница, возникающая в результате вмешательства человека в работу систем¹.

Вторая задача, для которой необходим выход человека в открытое космическое пространство, это техническое обслуживание беспилотных спутников. В настоящее время близкий космос бороздят сотни таких спутников (метеорологических и связи, ретрансляции и научно-исследовательских), и уже сейчас необходима оперативная информация о них. Недалеко время, когда появятся спутники-маяки, спутники-информаторы, спутники-танкеры и др. Это все автоматы, их нужно ремонтировать и заменять на них аппаратуру, сменять пленки и батареи, кроме того, необходимо изымать накопленную информацию. И все это может сделать космонавт-опе-

¹ В. Г. Денисов. Космонавт летает... на Земле. «Машиностроение», 1964, стр. 20.

ратор, выйдя в открытый космос с борта обжитого космического корабля. Расчеты показывают, что тяжелые орбитальные станции будущего, станции-лаборатории и станции-полигоны межпланетных кораблей выгодней и удобней выводить на орбиту частями и монтировать их уже в космосе. Вот третья задача, выполнение которой требует работы человека в открытом космосе. Следовательно, будут необходимы космонавты-монтажники, космонавты-сварщики и космонавты ряда других «земных» профессий.

Каким бы запасом энергии, в том числе и необходимой для человека, ни обладал тот или иной аппарат, этот запас через определенное время приходит к концу. Автомашины пополняют его легко, надводные корабли и подводные лодки — труднее, необходима встреча в море с базой или танкером. Очень сложной операцией является дозаправка самолета в полете. И пока трудно оценима сложность дозаправки космического корабля в полете. В чем она будет заключаться? В выполнении ряда операций по смене экипажа долговременной орбитальной станции, в доставке энергетических запасов для техники и человека, в съеме информации и др. Думается, что указанные операции также потребуют выхода человека в открытое космическое пространство.

Мы привыкли, что любой конструкторский узел, будь то целая система механизмов или строительная деталь, должен пройти испытания. Так, дома, проектируемые для районов, часто подвергающихся землетрясению, испытываются вибрационными воздействиями, фюзеляжи самолетов в аэродинамических трубах «обдуваются» сильным потоком воздуха и т. д. Не является исключением и космическая техника. Поэтому испытание систем, конструкций и сооружений в условиях открытого космоса — тоже одна из задач космонавта.

Новая же среда и новые условия функционирования человека в безопорном пространстве таят в себе неопределенность и опасности. А это, в свою очередь, ставит новые вопросы, подлежащие исследованию, рождает проблемы, которые требуют экспериментального решения. Вот почему в программу действий выходящего в космос человека вводится большой комплекс научно-технических экспериментов, направленных на решение задач и сегодняшнего дня, и недалекого будущего, и дальней

перспективы, в том числе для планирования работы космонавта при освоении далеких планет.

И наконец, последняя по счету задача, но, по всей видимости, первая по значимости. Проиллюстрируем ее примером из практики мирового судоходства. Во всех странах мира в инструкциях для радистов существует пункт, по которому 2 раза в сутки прекращается любая работа на станциях, радисты только на приеме, они слушают эфир. Они слушают тех, кто терпит бедствие на море. И любой корабль, принявший такие сигналы, должен идти на помощь пострадавшим.

Еще долгое время космический полет будет уникальным. Запуск космического корабля на орбиту всегда будет требовать длительной и серьезной подготовки. Поэтому если на корабле авария и требуется помощь Земли — корабль любой страны, готовый в данный момент к пуску, должен стартовать и оказать помощь кораблю, терпящему бедствие. В решении этой задачи выход космонавта из корабля в открытый космос или переход из корабля в корабль — наиболее вероятная операция.

Отрадно отметить, что в мае 1972 г. между правительствами СССР и США было подписано соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Соглашение предусматривает сотрудничество в области исследований околоземного космического пространства, Луны и планет Солнечной системы, космической метеорологии, биологии и медицины. Намечены работы по созданию (общих) совместимых средств сближения и стыковки советских и американских пилотируемых космических кораблей и станций.

Первый экспериментальный полет для испытания таких средств должен состояться в 1975 г. Намечено провести в космосе стыковку советского космического корабля типа «Союз» и американского космического корабля типа «Аполлон» с взаимным переходом космонавтов. Сотрудничество должно послужить делу повышения безопасности полета человека в космосе, а в дальнейшем помочь осуществлению совместных научных экспериментов. До настоящего времени экипажу космического корабля, который не имеет возможности посадить корабль на Землю, оказать помощь практически нельзя. Если на первом этапе при первых полетах человека в

космос, как и на заре развития авиации, с таким положением можно было смириться, то при массовых полетах в космос, при расширении круга решаемых там задач необходимо иметь возможность оказать помощь экипажу корабля, терпящему бедствие.

Поэтому сразу же после первых полетов человека в космос ученые, конструкторы и космонавты начали работать над этой проблемой. Первым шагом к решению был совместный полет двух кораблей типа «Восток» в 1962 г. Затем создается многоместный космический корабль «Восход», полет которого был осуществлен 12 октября 1964 г., а 17 марта 1965 г. состоялся первый выход человека в открытый космос.

30 октября 1967 г. выполняется автоматическая стыковка двух космических аппаратов типа «Космос», а 16 января 1969 г. осуществляются стыковка двух пилотируемых космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5» и переход двух космонавтов из корабля в корабль через открытое космическое пространство. Создается и функционирует на орбите искусственного спутника Земли первая экспериментальная орбитальная станция. На практике начинает решаться задача эвакуации экипажа с борта космического корабля, если в этом возникнет необходимость. В 1971 г. был произведен запуск орбитальной станции «Салют».

Так шаг за шагом решается трудная и необходимая задача оказания помощи космонавтам.

В этом направлении развивается и международное сотрудничество многих стран. Заключено соглашение о возвращении космических объектов и в случае необходимости оказания помощи экипажам космических кораблей после посадки их на Землю.

Можно было бы привести еще ряд задач, ответственных и сложных, которые для своего выполнения требовали бы выхода космонавта из корабля в полете. Однако даже перечисленное выше дает основание считать, что работа космонавта в открытом космосе — жизненно важная и необходимая операция, без ее разработки и осуществления невозможно представить дальнейшее развитие космических исследований, освоение дальнего космоса и планет.

Поэтому усилия ученых и специалистов, занимающихся подготовкой и осуществлением космического по-

лета после успешного рейса Ю. А. Гагарина, были направлены на решение проблем, связанных с выходом человека в открытое космическое пространство, передвижением и работой в нем.

СБЛИЖЕНИЕ И СТЫКОВКА КОРАБЛЕЙ В ПОЛЕТЕ. МЕТОДЫ ВЫХОДА В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС

Анализ задач, выполняемых космонавтом при выходе из корабля в открытое космическое пространство, показал, что почти все они связаны с проблемой сближения с другим искусственным или естественным телом, будь то космический корабль или орбитальная станция, непилотируемый искусственный спутник Земли или планета.

Поиск заданного объекта, сближение с ним и при необходимости 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;
- дальнейшее сближение;
- причаливание и жесткое соединение кораблей.

Поиску космического объекта предшествует угловая ориентация иллюминатора космического корабля или визирного устройства на объект. С больших расстояний, исчисляемых несколькими сотнями, а иногда и тысячами километров, с которых начинается поиск, все космические объекты вне зависимости от их величины выглядят светящимися точками, не отличимыми по яркости от звезд. Единственный признак, отличающий ИСЗ от звезд, — движение спутника относительно неподвижных звезд. Такая операция впервые в полетах советских космонавтов проводилась командиром космического корабля «Союз-3» Г. Т. Береговым, который в полете наблюдал три ИСЗ.

После того как космонавт убеждается, что заданный объект опознан (этот процесс является с психологической стороны весьма сложным), начинается второй этап стыковки — этап дальнего сближения. Обычно дальнейшее

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 кораблей.

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

Последний этап стыковки очень лаконично, телеграфным языком, но очень 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/сек... По включении станция пошла вправо...

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

...Касание, механический захват произошли одновременно в 7 ч 49 мин 15 сек. Объект практически не колеблется. В 7 ч 55 мин 30 сек — 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», в полете которых участвовал один из авторов.

— 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, отдель-

ные 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.

Выход в открытый космос может быть осуществлен одним из следующих способов:

- через шлюзовую камеру, в которой попеременно изменяются газовый состав и давление, соответствующие кабине корабля и открытому космическому пространству. Подобный вариант был осуществлен при первом выходе человека в открытое космическое пространство по программе полета корабля «Восход-2»;

- путем разгерметизации отдельных отсеков космического корабля и использования их в виде шлюзовой камеры. Этот метод использовался экипажами космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5»;

- полная разгерметизация корабля при прямом, если можно так сказать, открывании «двери» в космическое пространство. Данный метод был применен астронавтами США при выполнении программы «Джемини».

Каждый из обсуждаемых методов имеет свои преимущества и поэтому может быть использован как оптимальный для определенного класса кораблей. Так, для крупных орбитальных станций, по всей вероятности, будет выгоден первый способ. Частое его использование при минимальной затрате энергии и газа окупит те затраты, которые необходимы для его технической реализации. Второй способ, который не требует специальных технических сооружений, целесообразен для орбитальных станций малого размера, создаваемых путем стыковки отдельных кораблей, а также для кораблей, предназначенных к межпланетному полету. Третий способ приемлем для целевых кораблей малого размера, имеющих экипаж 1—2 человека.

Как было указано выше, для выполнения задач, которым посвящен выход человека в открытое космическое

пространство, необходимы две основные операции. Это — выход и передвижение космонавта в безопорном пространстве. Переход космонавтов в полете (смена экипажей) может быть осуществлен одним из следующих способов:

— через открытое космическое пространство с помощью поручней, установленных на внешней поверхности состыкованных кораблей, и страховочных фалов. Этот метод реализован в полете космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5»;

— по специальному тоннелю из одного корабля в другой после их предварительно жесткой и герметичной стыковки. Данный метод использовался на кораблях типа «Аполлон» и в системе «Союз—Салют»;

— с помощью автономной системы перемещения без предварительной стыковки двух космических кораблей. До настоящего времени этот способ еще на практике не применялся, но в США делались попытки отработки такой системы на кораблях типа «Джемини».

Таким образом, не касаясь технических особенностей выхода космонавта в открытый космос, который сам по себе еще имеет очень недолгую историю, уже можно отметить принципиальные отличия в методологии его совершения. Родившиеся в чертежах, прошедшие испытания в лабораторных и стендовых условиях, эти методы позволили человечеству сделать еще один шаг к познанию неизвестного, к покорению космической стихии, к повышению безопасности космических полетов.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТА К ВЫХОДУ В ОТКРЫТОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

Проведенные до настоящего времени полеты советских космических кораблей, выполнение научных программ в каждом полете показали, что система отбора и подготовки космонавтов себя оправдала. Однако усложнение программ космических полетов, введение в алгоритм деятельности экипажей сложных операций по управлению, стыковке, выходу космонавта и других ответственных операций требуют коррекции профессио-

нальной и психофизиологической подготовки космонавта.

Проанализировав общую характеристику деятельности космонавта при выходе в открытое космическое пространство или переходе в другой космический корабль через открытый космос, можно отметить следующие особенности:

- работу в условиях высокого физического и эмоционального напряжения, обусловленного безопорным и малоориентирным пространством;

- выполнение сложного алгоритма деятельности, состоящего из отдельных взаимосвязанных и взаимообусловленных видов рабочих операций;

- изменение привычной структуры деятельности при выполнении такой простой операции, как передвижение (функциональная загрузка рук);

- ограничение сенсорной информации о положении тела по отношению к координатам корабля.

Эти особенности и определили те дополнительные тренировки, которые были включены в общую систему подготовки космонавтов и характеризовали ее специфическую направленность.

Так, в физическую подготовку экипажей включался комплекс упражнений, вырабатывающий устойчивые навыки управления своим телом в безопорном положении. Сюда входили прыжки в воду, упражнения на свободно вращающейся площадке, называемой скамейкой Жуковского, прыжки с парашютом и др. Большую ценность представляли упражнения в прыжках на батуте, при выполнении которых человек может создавать вращающий момент для разворота корпуса в требуемую сторону. Много внимания уделялось пассивной и активной вестибулярной тренировке.

Был введен новый вид подготовки—биомеханическая подготовка, т. е. работа на стендах, имитирующих безопорное положение, которое наблюдается в открытом космосе. Четкую, профессиональную окраску приняла тренировка при полетах в самолете на невесомость для работы в открытом космосе.

Остановимся на двух последних видах дополнительной тренировки экипажей, готовящихся к выходу в открытое космическое пространство.

Вообще с безопорным состоянием человек знаком с

детства. Считается, что если человек бежит (в среднем темпе) 30 мин, он около 15—17 мин находится в безопорном положении. Если же он прыгает в воду, каждый прыжок дает доли секунды безопорного состояния. Но целью биомеханической тренировки космонавтов являются выработка твердых навыков управления положением своего тела, перемещения в пространстве с помощью опоры на фал или поручни. Следовательно, нельзя при подготовке опираться на такие короткие временные отрезки безопорного положения, которые отпустила человечеству природа, чтобы переделать основные особенности двигательной деятельности человека.

Однако все же есть состояние, более близкое к безопорному, — работа в воде, когда все тело находится в жидкой среде, когда каждое движение конечностей вызывает развороты всего тела.

Гидросреда используется для выработки навыков по выполнению ряда профессиональных операций. Так, при подготовке американских астронавтов имитировались в воде отказы техники и их ликвидация — смена антенн, съем предметов с внешней поверхности корабля и др. Анализ этого вопроса интересен и может быть отдельной темой исследований. Однако результаты исследовательских работ и личный опыт пребывания в условиях, где невесомость выступает в новом своем качестве — безопорном пространстве, заставляют осторожно относиться к этому методу подготовки. В чем же причина? А причина — в сопротивлении воды, в опоре на воду. При выполнении мелкоразмашистых движений типа операций управления рукоятками противодействие воды можно не принимать во внимание. Но при большой амплитуде движений, связанных с отдельными видами работ, сопротивление воды может вызвать выработку ложных навыков. Поэтому при включении гидросреды в систему подготовки экипажей проводится строгая дифференциация операций, которые можно отрабатывать в воде.

При биомеханической подготовке можно использовать 8—12 сек после отделения от самолета при затяжном прыжке с парашютом. Правда, в этом случае будут мешать сопротивление воздуха и значительное эмоциональное напряжение, которое нельзя недооценивать.

Следующим этапом развития техники и методов

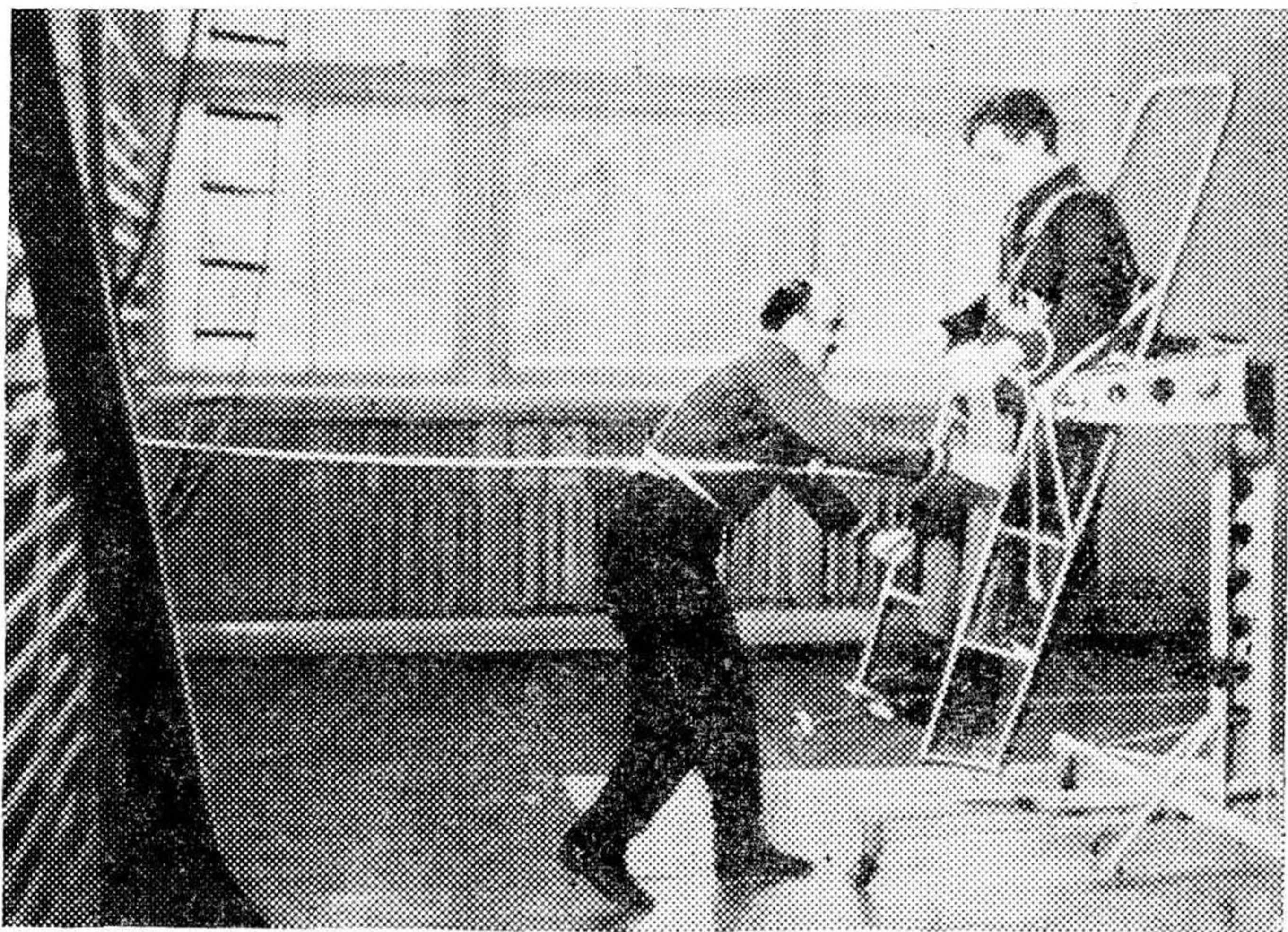


Рис. 1. На портативной модели стенда безопорного пространства.

имитирования безопорного пространства можно считать многочисленные попытки создания тренажеров, действие которых основано на компенсации веса тела оператора и его отдельных частей с помощью специальных подвесок. В зависимости от конструктивного решения подобных тренажеров можно добиться различной степени приближения условий двигательной деятельности оператора к его работе в безопорном положении.

Авторы данной работы совместно со своими коллегами Е. А. Ивановым и В. А. Поповым предложили сначала очень простую, а затем достаточно сложную модель механического тренажера, который был использован при подготовке экипажей космического корабля «Восход-2» (рис. 1).

Такие установки дали возможность космонавтам не только ознакомиться с ощущениями, которые испытывает человек в безопорном пространстве, но и провести ряд необходимых тренировок.

Методикой тренировки на стендах предусматривались:

— принятие заданного углового положения тела — ориентация;

— сохранение заданного положения при наличии внешних помех — стабилизация;

— перемещение системы «человек—стенд» с опорой на фал и одновременного противодействия возмущениям — «подплывы».

При подготовке основного и дублирующего экипажей космического корабля «Восход-2» на этих стендах было проведено по 15—20 тренировок с каждым космонавтом.

Более широкие возможности для тренировок в условиях невесомости давали полеты на самолетах по так называемой «параболе Кеплера». Продолжительность невесомости достигала 30—50 сек.

Маневр самолета для создания режима невесомости выполняется следующим образом. После разгона самолета на определенной высоте до заданной скорости летчик, взяв руль высоты «на себя», переводит самолет в набор высоты. При этом возникают положительные перегрузки. Достигнув заданного угла набора высоты, отдачей руля высоты «от себя» летчик уменьшает перегрузку до нуля-невесомость. Начиная с этого момента, самолет летит по параболической траектории, находясь в режиме невесомости, а летчик с помощью руля высоты и изменением тяги двигателей удерживает «перегрузку», равную нулю-невесомость.

Самолет летит вначале «вверх» по восходящему участку параболы, достигает ее вершины и пикирует вниз по нисходящему участку. Достигнув определенного угла на нисходящем участке параболы, летчик выводит самолет в горизонтальный полет с заданной перегрузкой.

Время нахождения самолета в режиме невесомости определяется по следующей формуле:

$$T_{нев} = \frac{2v(n-1) \sin \Theta}{g(n - \cos \Theta)} [\text{сек}],$$

из которой видно, что продолжительность режима невесомости ($T_{нев}$) зависит от скорости самолета перед началом выполнения «горки» (v), перегрузки (n), с которой выполняется ввод самолета в горку, и угла (Θ).

В процессе полетов на невесомость окончательно отработывалось умение координировать и соизмерять уси-

лия 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 при одном полете, имел большое значение. В самолете-лаборатории за эти 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 фиксировались на кинофотопленку.

Частота киносъемки составляла порядка 24 кадров в секунду, что давало возможность регистрировать достаточно точно отдельные фазы движения космонавта и проводить соответствующий анализ. Некоторым недостатком регистрации в настоящем эксперименте следует считать замедленность киносъемки, что при учете пространственности движений космонавта не позволяло рассчитывать точных значений угловых перемещений тела космонавта вокруг центра масс и снижало достоверность регистрации поступательных движений. Кроме этого, угол поля зрения объектива был недостаточно велик, что нередко приводило к выходу космонавта из кадра.

Определение скорости движения космонавта ввиду совпадения направления оптической оси объектива кинокамеры и направления поступательного движения производилось на основе масштабных измерений размера изображения гермошлема, ранца и других элементов скафандра, фактические размеры которых известны. Эти данные по мере возможности освобождались от ошибок, возникающих от поворотов тела вокруг центра масс. Поправка к расстоянию $\pm \Delta l$ вычислялась из соотношения $\Delta l = \Delta \alpha \cdot r \cdot \cos \alpha$, где r — расстояние от центра масс космонавта до используемого элемента скафандра, α и $\Delta \alpha$ — соответственно угол поворота тела космонавта вокруг центра масс в плоскости, перпендикулярной плоскости кадра, и приращение этого угла за время одного кадра. Это дало возможность оценить качество деятельности, уровень натренированности космонавта. Оценка

натренированности проводилась по обобщенному критерию качества, составными элементами которых являлись отклонения от заданного алгоритма деятельности, время выполнения отдельных упражнений, скорость перемещения. При этом учитывались средние указанных параметров и их максимальные выбросы.

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 свидетельствует о значительной пользе тренировок в самолете-лаборатории.

При тренировке экипажей, 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 разворотов, а 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 уменьшилось более чем на 30%.

Прочитав этот раздел брошюры, можно прийти к выводу: если к обычной подготовке космонавтов прибавить некоторые новые упражнения, можно считать, что человек готов выполнять работы в открытом космосе. Но что такое обычная система подготовки космонавтов? Это тяжелый труд, большая работа, для выполнения которой требуется целеустремленность, познание тысячи новых вещей, затем закрепление этих знаний. И все это для того, чтобы суметь в дальнейшем выполнить программу в космосе, когда от тебя, от твоего решения,

от качества проведенных операций зависит успех уникального эксперимента, безопасность твоих товарищей и твоя.

ПЕРВЫЙ ВЫХОД ЧЕЛОВЕКА В ОТКРЫТОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

18 марта 1965 г. в соответствии с программой космических исследований в Советском Союзе летчик-космонавт Алексей Леонов сделал новый шаг на пути освоения космического пространства. Свершилось то, о чем могли только мечтать фантасты — человек открыл дверь космического корабля и смело шагнул в открытое космическое пространство.

В повести «Вне земли» К. Э. Циолковского мы читаем о переживаниях героя: «Когда открыли наружную дверь и я увидел себя у порога ракеты, я обмер и сделал судорожное движение («психологический барьер». — *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 («дефицит прагматической информации о безопасном пространстве». — *Авт.*), со мною сделалось дурно, и я опомнился только тогда, когда вся цепочка уже размоталась и я находился в километре от ракеты».

А вот слова А. Леонова из его послеполетного отчета. «...Те 20 минут, которые мне довелось пробывать в условиях космического пространства, в том числе вне корабля 12 минут, были «изюминкой» полета корабля «Восход-2». Это я понимал и делал все необходимое, чтобы ни одна секунда не пропала даром». Полетное задание А. Леоновым было выполнено полностью, однако отмечались моменты, которые вызвали у космонавта определенное напряжение, в той или иной степени сказавшееся на его состоянии. Вот на психофизиологическом и биомеханическом анализе деятельности космонавта при подготовке и выполнении шлюзования корабль—открытый космос—корабль мы и остановимся.

Психофизиологический анализ будет базироваться на разборе алгоритма рабочих операций в космосе и на

тренировках, на данных телеметрической информации о динамике основных вегетативных функций членов экипажа, на их эмоциональном напряжении, которое контролировалось по спектральному интонационному анализу их речи, поступающей на Землю по каналам связи, и некоторых других материалах.

Биомеханический — на сравнительном анализе кинограмм, на которых зафиксированы выход космонавта в открытое пространство, имитация выхода при полетах на невесомость и работа на стендах, имитирующих безопорное пространство.

Как известно, программой полета космического корабля «Восход-2» было запланировано 120 мин на операции, связанные с выходом второго пилота из корабля в открытое космическое 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. Следует добавить, что в течение того же времени экипажем было проведено 460 радиопереговоров, которые касались конкретных вопросов выполнения программы. Следовательно, выход—вход второго пилота из космического корабля-спутника представлял 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.

Наряду с некоторыми отличительными особенностями, которые имелись в деятельности командира в начальном периоде (при снаряжении второго пилота к выходу), следует подчеркнуть, что в целом его работа строго соответствовала программе. П. Беляев четко руководил действиями А. Леонова, придерживаясь отработанного «земного» стереотипа. Например, при учебных тренировках в течение одного контрольного этапа командир корабля 28 раз вступал в радиосвязь с «Землей», в состоявшемся полете за то же время аналогичного этапа он провел 29 радиообменов.

Характеризуя состояние напряженности, возникающее нередко у молодых летчиков в атмосферных полетах, исследователи отмечают своеобразие двигательной и психической скованности, которую во многих случаях авторы наблюдали лично или же сумели зафиксировать на киноплёнку.

Сравнивая между собой переговоры, которые вели космонавты на различных этапах космического полета, а также те переговоры, которые были записаны во время учебных тренировок, нетрудно отметить отличие именно тех, которые велись космонавтами при подготовке и выходе второго пилота в космос. Характер и эмоциональная окраска этих переговоров отличаются особенностями, которые 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. Например, Беляев: «Держи нос по горизонту» (Леонову), Леонов: «Видишь какой я бухгалтер, все записал» (Беляеву), Леонов: «Сейчас буду выходить, Паша не пускает».

Обстановка реального космического полета требовала от экипажа максимально сосредоточить эмоционально-волевые возможности. Однако в наиболее ответственные кульминационные периоды их деятельности у них возникает подчеркнуто веселая настроенность, появляются необычные, образные сравнения и дружеские шутки. Почему это так, в чем дело? Это своеобразная форма предельной сосредоточенности — волевой реакции, направленной на поддержку и помощь товарищу.

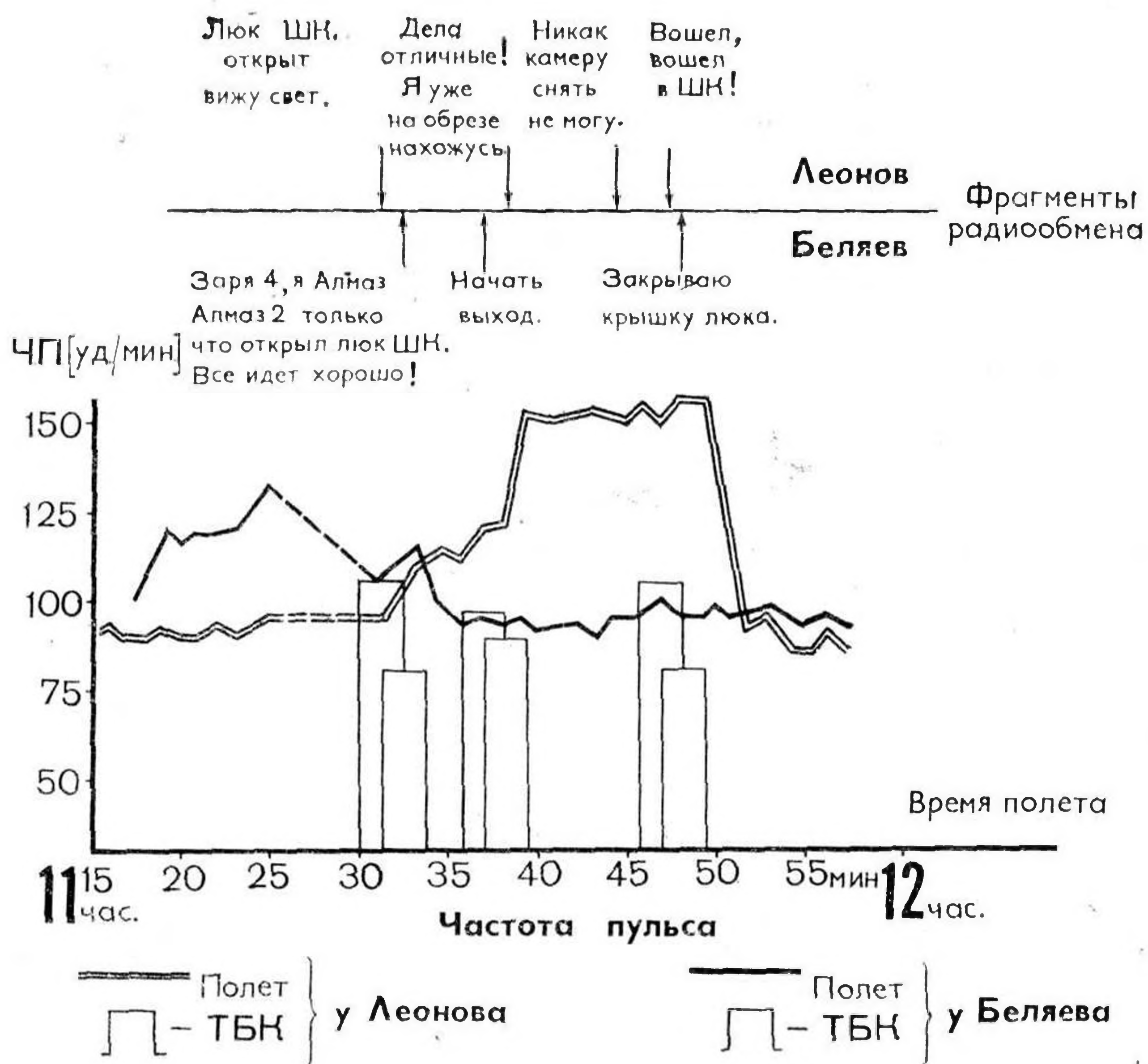


Рис. 2. Эмоциональная напряженность космонавта в полете при выходе в открытый космос по данным частоты сердечных сокращений.

Это является очередным доказательством довольно высокого нервно-психического напряжения в деятельности 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».

Для иллюстрации этого положения на рис. 2 приводятся некоторые характеристики указанных функций. Динамика частоты пульса (одинарная линия) и дыхательных циклов показана на фоне аналогичных данных, полученных на тренировках в барокамере. Графики охватывают московское время 11 ч 15 мин — 11 ч 57 мин, т. е. за 17 мин до открытия люка шлюзовой камеры

(ШК) и спустя 8 мин после его закрытия. В верхнем участке рисунка, в период фактического нахождения А. Леонова в космосе, синхронно по времени указаны основные радиотелефонные переговоры Беляев—Леонов, что дает представление о деятельности экипажа на данном отрезке времени. Всего за этот период было осуществлено 135 радиопереговоров.

Анализ приведенных кривых показывает, что за 17 мин 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 вызвали 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 поддутого скафандра), но главное — состояние стресса у человека, сознающего, что ему предстоит «первый шаг» в открытое космическое пространство, и он сейчас его сделает. 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 и очень педагогично вел себя в этот момент командир корабля. Он стремился успокоить А. Леонова: «Дела хорошие, пульс, дыхание хорошие». «Ну, Леша, спокойненько, посмотри, все в порядке у меня. Давление в баллонах хорошее, пульс, дыхание отличные».

На 5-й минуте 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 демонтажем кинокамеры («Паша, никак не могу оторвать кинокамеру»). При этом частота пульса сразу же возрастает еще 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».

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. Частота дыхательных циклов в этот период полностью коррелировала с частотой сердечных сокращений. Коэффициент корреляции составляет 0,85. Войдя в шлюз, как сообщил А. Леонов, он вынужден был сделать в нем несколько оборотов, вертел головой, энергично перемещался в нем. Эти действия представляют большой интерес. Выполнение А. Леоновым этой операции позволяет исключить какие-либо неприятные субъективные ощущения вестибулярного происхождения.

Иная картина физиологических решений на этом же этапе полета отмечалась у командира корабля. Наибольшая частота сердечных сокращений и дыхательных циклов наблюдается у П. Беляева за 7—10 *мин* до открытия люка шлюзовой камеры в момент наиболее напряженной работы (управление системой шлюзования, радиопереговоры и др.). Так, за 20 *мин* до открытия люка шлюзовой камеры космонавт провел 30 радиотелефонных разговоров, передал две большие радиотелеграммы на Землю, 5 раз справлялся о самочувствии А. Леонова, проверял давление воздуха в системах, определял место полета по «глобусу» и др.

Кроме того, П. Беляев проводил ряд ответственных операций (включал кислород, открывал клапаны, снимал блокировку люка шлюзовой камеры и т. д.). Наряду с этим командир по специальным индикаторным устройствам проверял выполнение своих действий и действий второго пилота.

После открытия люка шлюзовой камеры у П. Беляева частота пульса начинает снижаться и через 5 *мин* достигает уровня, отмеченного в термобарокамере при выполнении аналогичных операций (94 удара в минуту).

В дальнейшем на протяжении всего времени пребывания второго пилота вне корабля частота пульса у П. Беляева не поднималась выше 96 ударов.

Корреляции между частотой дыхательных циклов и сердечных сокращений на этом участке полета у П. Беляева не отмечено (коэффициент корреляции 0,09). Наибольшая частота дыхательных циклов отмечалась за 10 мин до открытия люка шлюзовой камеры (32 цикла в минуту). Затем наступает резкий спад, и до момента открытия люка эти показатели держатся на одном уровне, а их колебания незначительны (± 1 цикл в минуту). При отработке задачи в термобарокамере на идентичном участке данные равны 23 циклам в минуту. После разгерметизации шлюзовой камеры средняя частота дыхательных движений не повышается. Однако резко увеличивается разброс полученных данных. При внимательном анализе кривой дыхания можно отметить некоторую закономерность. Так, например, ритмично чередуются, с периодом 3—4 мин, участки повышенной и пониженной частоты. Найти объяснение этому явлению нам пока не удалось. В более длительных полетах следует специально обратить внимание на подобную же закономерность.

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 имели место 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 опора на эти координаты в значительной мере помогала космонавтам перенести воздействия невесомости.

При выходе же из корабля можно принять множество вариантов координат для выбора оси «верх—низ». Поэтому при подготовке данного полета были выбраны и рекомендованы космонавтам в качестве опорных координат 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.

В таблице приведены основные численные параметры, которые были получены при подготовке и выполнении полета А. Леонова.

**Численное значение параметров движения А. Леонова
в последних тренировках на самолете и при выходе в космос ***

| Параметры | Размер- ность | Тренировоч- ные данные на самолете | | Данные при выходе в космос | | | |
|---|---------------------|--|--------|-------------------------------|-------|--------|---|
| | | отход | подход | подход | отход | подход | сред- ные дан- ные отхо- дов |
| | | | | | | | |
| Время вы- полнения | сек | 3,95 | 9,4 | 4,08 | 4,17 | 10,4 | 4,12 |
| Средняя скорость дви- жения | см/сек | 127 | 53 | 104 | 73 | 48 | 88,5 |
| Максималь- ная скорость | см/сек | 153 | 127 | 160 | 77,8 | 150 | 119 |
| Максималь- ное ускорение разгона | см/сек ² | 235 | 79 | 325 | 157 | 132 | 241 |
| Максималь- ное ускорение торможения | см/сек ² | 300 | 98 | 700 | 125 | 36 | 412 |
| Максималь- ное усиление при разгоне | кг | 23,2 | 7,8 | 32,2 | 15,5 | 13 | 23,8 |
| Максималь- ное усиление при торможе- нии | кг | 29,7 | 9,6 | 69 | 12,4 | 3,56 | 40,6 |

Оценка степени сохранения выработанных на Земле двигательных навыков и координации движения при выходе в космос производилась также на основе сравнения максимальных скоростей и ускорений движения, а также развиваемых при этом физических усилий. В этой

* Эти данные получены в наших совместных работах с кандидатом технических наук Е. А. Ивановым.

же связи представляются понятными сравнительно небольшие отличия величин максимальных скоростей, непосредственно и качественно определяющих степень выработки двигательного стереотипа для данного движения.

Значительный «выброс» величины усилия в полете, составивший почти 70 кг (см. таблицу), можно объяснить тем, что фал непрочно держался в руках и космонавт не успел плавно погасить скорость. Несмотря на то что трос, соединявший А. Леонова с кораблем, мог выдерживать нагрузки до 5000 кг, этот случай представляется нежелательным, так как при неудачном положении космонавта во время рывка могли возникнуть напряжения, способные привести к повреждению отдельных элементов скафандра. Столь же опасными, на наш взгляд, могли явиться случаи удара космонавта о корабль при сближении. Если, например, допустить, что космонавт, приближаясь к кораблю, получил закрутку и при подходе был лишен возможности смягчить удар руками или ногами, то в зависимости от того, чем и как он ударится, сила удара может быть весьма значительной. В неблагоприятном случае сближение с кораблем даже со скоростью 100 см/сек может вызвать удар силой 100—150 кг и более. Это учитывалось при разработке упражнений, которые предстояло выполнять космонавтам в невесомости.

Для сравнения оценки качества выполнения космонавтами в полете предложенных упражнений с оценкой качества выполнения их на тренировках был предложен обобщенный критерий качества K , определяемый из равенства:

$$K_{\text{общ}} = \frac{100}{N} \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_{it}}{P_i} \right) \right] [\%], \quad (1)$$

где P_{it} — требуемое значение каждого из параметров; P_i — фактическое значение параметров; N — число учтенных параметров, характеризующих качество выполнения упражнения.

При целесообразном выборе требуемых значений параметров величина K будет равна 100% только в том случае, если полностью выполняются заданные требования, и наоборот, она всегда будет меньше 100%, если требования выполняются частично.

Например, для характеристики качества выполнения

сближения с кораблем были учтены следующие параметры:

— продолжительность $\Delta\tau$ и величина отклонения $\Delta\alpha$ положения тела оператора от положения, свойственного требуемому движению тела в процессе выполнения упражнения;

— полное время выполнения упражнения — t_v ;

— время, потребное на сближение с кораблем — t_c ;

— общее число выполненных упражнений — $n_{\text{общ}}$;

— число правильно выполненных упражнений — $n_{\text{пр}}$;

— число ошибок, допущенных в процессе выполнения упражнения $n_{\text{ош}}$.

В этом случае обобщенный критерий качества выполнения упражнений — $K_{\text{общ}}$ определяется в соответствии с выражением (1) из соотношения:

$$K_{\text{общ}} = \frac{1}{5} \left(\frac{\Delta\alpha_{\tau}}{\Delta\alpha} + \frac{\Delta\tau_{\tau}}{\Delta\tau} + \frac{t_{\text{вт}}}{t_v} + f \frac{t_{\text{ст}}}{t_c} + \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{общ}}} \right), \quad (2)$$

где $f = \frac{1}{n_{\text{ош}} + 1}$.

В качестве требуемых параметров принимались величины, равные или немного меньше фактических, имевших место в заключительных тренировках на самолете-лаборатории.

Во время рассматриваемого сближения космонавта с кораблем имели место следующие значения величин: $\Delta\alpha = 3,34^\circ$, $\Delta\tau = 2,17$ сек, $t = 7,5$ сек, $t_v = 11$ сек, $n_{\text{ош}} = 0$, $n_{\text{пр}} = 1$, $n_{\text{общ}} = 1$.

При этом обобщенный критерий качества выполнения сближения составил 39,7%.

Сравнивая полученную величину качества выполнения упражнения в космосе с качеством выполнения этого же упражнения в самолете-лаборатории при полете его по траектории Кеплера, следует отметить, что она ниже качества, имевшего место у А. Леонова на последних тренировках ($K_{\text{общ}} = 57—60\%$), но существенно выше, чем это было на первых тренировках ($K_{\text{общ}} = 27—28\%$). Эти результаты позволяют утверждать, что тренировки, проведенные в полетах в невесомости, а также на стендах, имитирующих безопорное пространство, оказали существенное положительное влияние на становление навыка управления ориентацией и движением тела в условиях открытого космоса.

Развороты, осуществленные А. Леоновым вокруг вертикальной оси тела на 90° , выполнены им качественно. Время каждого разворота не превышало 2 сек. В этих поворотах обращает на себя внимание выработанный в тренировках на Земле и при полетах на самолете навык управлять своим движением, держась рукой за фал, вблизи центра масс своего тела. Это является необходимым условием качественного выполнения движений, а несоблюдение его может привести к «закрутке», т. е. к неуправляемому вращению — явлению, весьма нежелательному в условиях невесомости. Выполненные А. Леоновым повороты говорят также о хорошей пространственной ориентировке космонавта, позволившей производить их точно на заданный угол.

Тем не менее нечто подобное «закрутке» имело место в полете, когда угловые скорости поворота тела вокруг сагиттальной оси достигали десятков угловых градусов в секунду, а угловые ускорения — сотен градусов в секунду за секунду. Анализируя полученные результаты, можно прийти к заключению, что в этот период А. Леонов прикладывал к телу моменты до 10 кгм. Это возможно лишь тогда, когда космонавт отстранял руку с фалом на существенное расстояние от центра масс своего тела, что и приводило, по всей видимости, к наблюдаемой закрутке.

В беспорядном и малоориентирном пространстве у человека пропадает «субъективная система координат», полностью перестают ощущаться всегда наглядные в обычной жизни понятия «низ» и «верх», горизонталь и вертикаль. Нарушаются принципы действия системы, дающей возможность соотнести «человеческое пространство восприятия» с единственно постоянной для обычной жизни величиной — силой земного притяжения, которая всегда вертикальна к поверхности земли, какое бы положение тело не приняло. Ученые опасались, что будет потеря пространственной ориентации у космонавта во время выхода из корабля в полете.

Однако за все время нахождения в открытом космическом пространстве А. Леонов не терял пространственной ориентации, потому что придерживался условной ориентации, выработанной на Земле и определяемой координатными осями корабля.

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 в самолетных условиях, как правило, не превышало 35—40%. Следует рекомендовать 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 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.

СМЕНА ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ В ПОЛЕТЕ

Мы уже привыкли, что функционирование долговременных, трудоемких и порой уникальных экспедиций связано со сменой экипажей, съемом накопленной информации. Не являются исключением и космические экспедиции. Именно смена экипажа космического корабля в полете, как было сказано выше, является одной из задач, требующей выхода космонавта в открытое кос-

мическое пространство. Правда, на стационарных больших станциях, по всей видимости, будут использоваться туннельные переходы, как в комплексах «Салют» и «Аполлон», но метод перехода через открытый космос будет сохранен, так как он не требует специальных сложных стыковочных устройств.

Вот как рассказывает о выходе в открытый космос и переходе из одного космического корабля в другой один из авторов этой брошюры в своем дневнике.

«...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 системы 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 (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 секунд. Затем привычный, отработанный на десятках тренировок ритм работы 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 на 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, понятие 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 методом, «на руках», перешел по поверхности орбитальной станции в отсек корабля «Союз-4». Оставаясь по пояс снаружи, проводил наблюдения 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 подтянул за фал к себе кинокамеру, снятую с кронштейна «Союз-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 «Союз-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/сек.

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

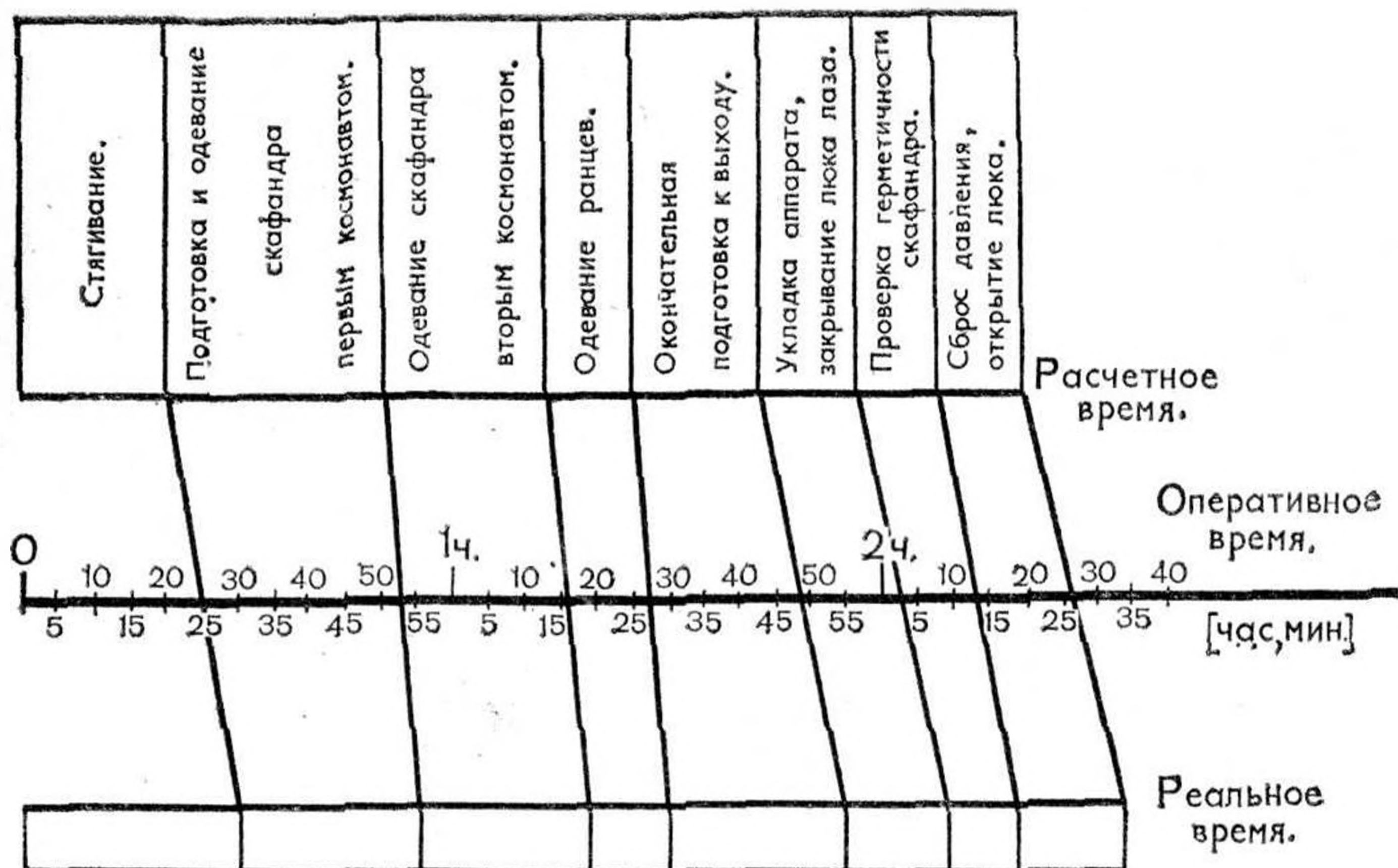


Рис. 3. Сдвиг алгоритма деятельности при подготовке к выходу в открытый космос.

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, показать трудности, встречающиеся при этом.

В отличие от тоннельного перехода переход через открытый космос осложняет алгоритм деятельности космонавтов тем, что они должны были надевать скафандры в полете, непосредственно после стыковки кораблей.

Сам момент начала надевания скафандра и подготовки к переходу в полетах кораблей «Союз-4» и «Союз-5» был выбран сразу после стыковки, а поэтому эмоции, связанные с успешным выполнением операции, встречи на орбите и стыковки, несколько мешали экипажу. В выполнении запланированных операций появился дефицит времени. Для иллюстрации этого положения, на рис. 3, в его верхней части, представлена таблица плана подготовки к переходу, который включал в себя выход в орбитальный отсек, надевание скафандра, укладку аппаратуры и проведение ряда контрольных операций.

Внизу этого же рисунка показана временная развертка указанных операций, проведенных в реальном полете. Расчетные и фактические точки начала и окончания отдельной операции соединены прямыми линиями, угол наклона которых характеризует задержку начала выполнения той или иной операции.

Как видно из приведенных на рисунке данных, момент, который наступил непосредственно после механического захвата, в период стягивания кораблей, несколько сдвинул алгоритм деятельности экипажей вправо. Дефицит времени при выполнении следующих операций несколько уменьшается, однако при окончательной подготовке к выходу опять нарастает, достигая 14 мин. Это связано, по-видимому, во-первых, с повышением эмоциональной напряженности и, во-вторых, с некоторыми отклонениями в программе работы в орбитальном отсеке, в которой в это время принимали участие все три космонавта.

Вообще вопрос о дефиците времени не нов, но в деятельности космонавта проявляется впервые. В этих условиях, как показали наши ранние экспериментальные и полетные данные, отмечаются некоторые закономерности в деятельности оператора, появляются пропуски в выполнении плановых операций, а с нарастанием дефицита времени — неправильные решения, приводящие к ошибочным действиям. Ниже будут приведены рекомендации с учетом указанных закономерностей. Их реализация повысит надежность работы космонавта при дефиците времени.

Несколько замечаний по ходу выполнения операций в период подготовки к переходу двух космонавтов.

Выполнение операций по укладке аппаратуры, разъемов и шнуровке нижней части скафандра оказалось сложнее, чем на Земле. Разъемы уплывали, трудно было работать с концами шнурков.

Однако в целом надевание оболочки скафандра, как и выполнение других плановых операций, сразу после их начала становится будничным действием, забывается, что находишься в реальном полете, а не на очередной тренировке. Именно этот земной стереотип деятельности, хорошо закрепленный в памяти космонавта, выступает в полете как лучшее средство против напряженности.

«...Первый момент открытия люка и наблюдения космоса, Земли — все воспринимается очень остро и напряженно — бездна, скорость, неопределенность. Нас могут понять парашютисты, делающие первый прыжок. Чувства аналогичны тем, которые возникают при первом прыжке, когда стоишь у открытого люка самолета, смотришь вниз и ожидаешь команды — «Пошел». Обстановка анализируется обостренно. Начались работы по выходу. Напряжение значительно спадает, эмоции ослабевают. Все мысли связаны с тем, как правильно выполнить полетное задание, т. е. профессиональная значимость момента сильнее той неопределенности, которую несет с собой открытый космос.

Сам переход каких-либо неожиданностей не представил. Однако из-за дефицита времени, который на отдельных этапах доходил до 10—12 мин, по ходу выполнения перехода, программу потребовалось видоизменять (рис. 4).

Из-за запаздывания, которое было отмечено ранее, выход в открытый космос был начат на 11 мин позже расчетного времени. Следует учесть, что момент окончания перехода нельзя было перенести на более позднее время, так как состыкованные корабли входили в тень Земли. Такой жестокий лимит общего времени потребовал сокращения сроков выполнения отдельных операций перехода. Это делалось двояким путем: сокращением времени на выполнение отдельных операций и изъятием из алгоритма перехода отдельных видов работ, не имеющих принципиального значения для решения основной задачи.

Как видно из данных, приведенных на рис. 4, выполнение работ на втором этапе — перестыковка разъемов, существенно не уменьшило дефицита времени, поэтому на третьем этапе было принято решение о некотором изменении программы (отменили перестановку поручней, было сокращено время съемки, фотографирования и др.). Это позволило к четвертому, завершающему этапу перехода ликвидировать дефицит времени.

Анализ психофизиологического состояния космонавта показал, что частота пульса при подготовке к выходу составляла 70—75 ударов в минуту, т. е. соответствовала обычной полетной норме. В дальнейшем при надевании скафандров она колебалась в пределах 85—95 уда-



Рис. 4. Сдвиг алгоритма деятельности при работе в открытом космосе.

ров; причина учащения — физическое напряжение, связанное с надеванием оболочек скафандров, шнуровок нижних частей скафандров и т. д. Во время перехода частота пульса еще больше увеличивалась и доходила до 154 уд/мин. Причина такого увеличения — дефицит времени и желание космонавтов выполнить задание в указанный срок. Кроме того, во время самого перехода возникали 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 в этом положении 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. Переход продолжался дальше.

Следовательно, эмоции, связанные с дефицитом времени, можно считать важной особенностью описываемого перехода. Не менее важна другая особенность при переходе из одного космического корабля в другой через открытый космос — большая нагрузка на руки и в первую очередь на их кисти. Дело в том, что при передвижениях в невесомости нагрузка на ноги почти отсутствует и перераспределяется на руки.

Много исследований провели ученые, конструкторы, космонавты, чтобы решить вопрос о креплениях к обшивке корабля, по поверхности которого будут передвигаться космонавты. Испытывалась магнитная обувь, клеящиеся вещества, ворсовые молнии и т. д. Однако все это оказалось неудовлетворительным. Магниты надо как-то включать, выключать, при передвижении с использованием клея и ворсовых молний надо прилагать определенные усилия и т. д., т. е. при передвижении надо думать о передвижении. Оперативная память занята только этим и закрыта для выполнения других операций. Это неприемлемо. Поэтому и решили, пока нет других оптимальных предложений, использовать для передвижения человека в космосе самый древний рефлекс — хватательную способность рук. Однако руки уставали, а усталость кистей особенно затрудняла 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.

Анализируя особенности работы космонавта, выходящего в открытый космос для перехода в другой корабль, целесообразно рассмотреть некоторые типичные отклонения от заданного стереотипа, которые имеют различную природу.

Во-первых, о чем подробно говорилось выше, это дефицит времени. Известно, что в процессе тренировок на самолете в условиях невесомости космонавты поэтапно отрабатывают каждую отдельную операцию по надеванию скафандра, гермошлема и т. д. В принципе каждая такая операция в отдельности проста и не требует каких-либо предварительных навыков для ее выполнения. Однако в комплексе множество простых операций, связанных единым алгоритмом, уже представляет сложную задачу. Г. Береговой называет это «задержкой в намерении». Прежде чем взять аппарат, космонавт продумает, как его взять, каким будет движение руки и т. д. Из этого следует, что в алгоритме операций подготовки и выполнения перехода необходимо предусматривать та-

кие элементы и группы работ, которые могут быть при дефиците времени «безболезненно», для решения основной задачи, исключены. В процессе наземной подготовки должны быть отработаны все возможные варианты изменения алгоритма деятельности космонавта.

Большое значение имеют маркировка и рациональное расположение фалов различного назначения. Их неудачное расположение может затруднять работу космонавтов. Так, в момент выхода из космического корабля «Союз-5» натянутый фал влиял на передвижение. В момент укладки фалы расплывались, заполняя объем всего отсека.

У космонавтов при выходе в космосе терялись различные мелкие детали, принадлежности фотокиноаппаратуры и т. д. Вопрос о креплениях не нов, является актуальным и требует тщательного изучения. Предлагаемые способы крепления (магнитные ботинки, ворсовые молнии и т. д.) в практике выхода и передвижения космонавта по внешней поверхности корабля себя не оправдали. Необходимо продолжать работу по изысканию новых способов фиксации в условиях космического полета.

К настоящему времени выход в открытый космос выполнялся экипажами кораблей типа «Восход», «Джемини», «Союз», «Аполлон». Накоплен значительный практический материал, характеризующий различные системы выхода, инженерно-психологические и психофизиологические особенности деятельности космонавта-оператора. По ходу выполнения отдельных полетов и анализа полученных материалов в систему подготовки экипажей вносились дополнительные разделы, изменялись конструкторские решения систем шлюзования и перехода и т. д.

В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ ПО ПРОГРАММЕ «ДЖЕМИНИ»

Американская программа «Джемини» продолжила начатые в Советском Союзе исследования возможностей деятельности космонавта в открытом космосе. Эта программа в первую очередь ставила задачу оценить системы жизнеобеспечения выходящего космонавта и сте-

пень подвижности космического скафандра. Сюда же можно отнести и исследование двигательной деятельности при опоре на гибкий фал и при использовании ручного реактивного двигателя. Выход космонавтов осуществлялся путем полной разгерметизации кабины корабля. Всего по программе «Джемини» выход в открытый космос планировался в шести полетах. Однако в полете корабля «Джемини-8» аварийная обстановка заставила прекратить полет и срочно посадить корабль на седьмом витке. Некоторые полеты сопровождались отказами тех или иных систем, сокращением времени выхода. Представляет большой интерес сравнение состояния космонавта, находящегося в одинаковой среде открытого космоса, в одном и том же полете, но в одном случае не выходящего из корабля, а в другом совершавшего работу вне корабля. Вопрос идет о полете космического корабля «Джемини-12». Вообще программа выхода этого завершающего полета кораблей серии «Джемини» была наиболее насыщенной, выполнена почти полностью, и мы подробно остановимся на ее описании, так как она хорошо показывает особенности деятельности космонавта в безопорном условии открытого космического пространства.

Основными задачами этого полета являлись:

1. Встреча и стыковка с ракетой «Аджена-12».
2. Использование маршевого двигателя ракеты «Аджена-12» для перевода ракеты и состыкованного с ней спутника на орбиту с более высоким апогеем.
3. Проведение экспериментов при открытом люке. При этом второй пилот встает на сиденье кресла корабля.
4. Выход второго пилота в открытый космос для проведения исследований. Особое место планировалось уделить выработке целесообразной нагрузки и отдыха во время деятельности в открытом космосе, исключаящих перегрев его тела и запотевание стекла гермошлема.
5. Эксперимент по гравитационной стабилизации углового положения спутника и ракеты путем причаливания их тросом (30 м). Эта операция, проводимая в открытом космосе, также поручалась второму пилоту.

Программа космонавтов корабля «Джемини-12», связанная с выходом в открытый космос, в общих чертах может быть представлена следующим образом. Спустя

20 ч 14 мин после старта корабля, когда он выходит в зону радиовидимости станции слежения на Канарских островах, второй пилот — Олдрин, открыв люк, должен был произвести фотографирование, установить телескопический поручень и провести другие работы. В 22 ч 34 мин в зоне видимости станции слежения в Австрии Олдрин закрывает люк. Спустя 42 ч 37 мин после старта над районом острова Контон планировалось начать эксперимент по выходу Олдрина. Находясь в открытом космосе более 2 ч, он должен был соединить ракету и спутник 30-метровым тросом, исследовать работоспособность космонавта с помощью ряда специальных тестов, описанных ниже (4, 6, 7). Спустя 63 ч 20 мин после старта планировалось вновь открыть люк и, стоя на сиденье кресла, провести фотографирование солнечного затмения над Галапагосскими островами. Затем, выбросив из корабля все оборудование, ставшее ненужным, Олдрин должен был закрыть люк.

Каждая из 17 операций, которые должен был проводить в открытом космосе Олдрин, была довольно проста. Вот эти операции:

1. Оторвать от корпуса корабля липкую ленту длиной 12,7 см и снова приклеить ее к корпусу.

2. Прodelать то же самое с лентой длиной 10,2 см.

3. Прodelать то же самое с лентой длиной 7,6 см.

4. Оторвать от корпуса корабля липкую ленту, армированную нержавеющей сталью, длиной 12,7 см и снова приклеить ее к корпусу. Ввиду значительно бóльшей силы сцепления таких лент по сравнению с неармированными выполнение этой операции представляло несколько бóльшую сложность.

5. Прodelать то же, что в п. 4, с лентой длиной 10,2 см.

6. Прodelать то же, что в п. 4, с лентой длиной 7,6 см.

7. Накинуть петлю диаметром 5 см на крюк с пружинной защелкой диаметром 5 см. Диаметр крюка и петли были увеличены с 2,5 см до 5 см по рекомендации Сернана, который встретил затруднение при выполнении этой операции во время полета корабля «Джемини-9».

8. Повторить операцию, описанную в п. 7.

9. Прodelать операцию, описанную в п. 7, с крюком и петлей диаметром 2,5 см.

10. Повторить операцию, описанную в п. 9.

11. Вынуть штекер электрического разъема из гнезда.

12. Вставить штекер электрического разъема в гнездо. Операции п.п. 11 и 12 повторяются несколько раз.

13. Прodelать операции, описанные в п.п. 11 и 12 со штекером другой конструкции.

14. Соединить и разъединить разъем трубопровода, используемого для подсоединения скафандра к шлангу жизнеобеспечения.

15. Разрезать стандартными ножницами, предназначенными для резки проволоки, поочередно 6-, 10- и 16-жильный электрический кабель.

16. Отвернуть и завернуть специальным гаечным ключом два болта диаметром 15,9 мм.

17. Соединить и разъединить электрический разъем.

Дополнительным заданием, которое должен был выполнить Олдрин, находясь в открытом космосе, являлось соединение корабля «Джемини-12» с ракетой «Аджена-12» 30-метровым дакроновым тросом. Этот трос, свернутый в бухту, находился в специальном кармане и был прикреплен к ней одним из концов. Второй конец, имеющий самозатягивающуюся петлю, должен был свободно висеть. Космонавту надлежало надеть петлю на направляющий штырь передней части корпуса корабля «Джемини-12». При расхождении в космосе этих двух объектов трос должен натянуться, и в силу известных законов механики предполагалось осуществить некоторую угловую стабилизацию космических кораблей относительно поверхности Земли.

Выполнение перечисленных выше операций планировалось проводить на двух специальных рабочих площадках. Одна из них была оборудована в передней части корабля «Джемини-12», у места стыковки его с ракетой, другая площадка размером 0,6×0,6 м располагалась на вспомогательном отсеке. Для закрепления космонавта около рабочих площадок были предусмотрены специальные захваты для ног, а также петли, за которые космонавт мог зацепиться крючками, расположенными на концах двух нейлоновых шнуров, прикрепленных к поясу скафандра. Длина шнуров по желанию космонавта могла изменяться от 45 до 90 см. Производя операции, космонавт должен был использовать для фиксирования

своего тела либо захваты для ног, либо только шнуры, либо и то и другое одновременно.

Кроме того, для удобства перемещения по корпусу корабля предполагалось использовать специальные «лопаточки» ($7,6 \times 17,8$ см), которые с помощью липкого материала могут сцепляться с площадками, укрепленными на корпусе и покрытыми тем же материалом. Сняв «лопаточку» со старого места и прикрепив на новое, космонавт мог зацепиться за петлю, имеющуюся на «лопаточке», одним из 2 крючков на тросах, прикрепленных к поясу его скафандра. Космонавт мог перемещаться как с помощью обычных поручней, укрепленных на корабле, так и с помощью раздвижного телескопического поручня длиной примерно 2,4 м.

Помимо специальных экспериментов по определению уровня работоспособности второго пилота «Джемини-12» в открытом космосе Олдрин должен был выполнить ряд заданий, связанных с исследованием физических свойств космической среды.

Он должен был открыть створки блоков с ловушками метеоритных частиц и биологическими объектами, а после экспозиции доставить их в кабину; провести фотографирование небесных тел в ультрафиолетовом участке спектра; принести контрольные стеклянные пластины с налетом вещества, загрязняющего стекла иллюминаторов корабля и т. д.

Весьма важное исследование планировалось по определению возможностей космонавта наблюдать через иллюминаторы и через открытый люк астронавигационные звезды в зрительную трубку секстанта в условиях светлого времени полета. Дело в том, что в предыдущих полетах космонавты не могли наблюдать звезды на светлой стороне Земли из-за неполной темновой адаптации глаз. Этот факт практически исключает проведение ручной автономной астрокорректировки полета, например, при полете к Луне. Применение зрительных труб в этом случае весьма целесообразно, так как наряду с увеличением видимого блеска звезд уменьшается яркость неба. Этот эффект и было решено проверить во время полета корабля «Джемини-12».

В период подготовки к полету и выходу в открытый космос Олдрин и его дублер провели многочисленные наземные тренировки на специальных тренажерах. Осо-

бое место в тренировках занимали занятия в бассейне при имитации гидростатической невесомости с макетами объектов и оборудования, с которыми планировалась работа в открытом космосе. В общей сложности Олдрин провел в бассейне 12 часов.

Полет корабля «Джемини-12» начался 11 ноября 1966 г. в 20 ч 46 мин по гринвичскому времени. Ввиду выхода из строя бортового локатора сближение и стыковку с ракетой «Аджена-12» космонавты — первый пилот Ловелл и второй пилот Олдрин — выполнили вручную. Для определения вектора относительной скорости и параметров движения корабля и ракеты они использовали измерения, выполненные секстантом, и бортовое вычислительное устройство. Операция стыковки была проведена вполне успешно. Расход рабочего тела был близок к расчетному. Спустя 19 ч 29 мин после запуска второй пилот «Джемини-12» Олдрин открыл люк. Встав на сиденье кресла и высунувшись по плечи из кабины, он укрепил на специальной скобе киносъемочную камеру, установил в рабочее положение телескопический поручень, снял две стеклянные пластины из четырех, предназначенных для изучения осаждающегося на иллюминаторах вещества. После этого он приступил к фотографированию в ультрафиолетовом участке спектра поверхности Земли и небесных тел.

Предпринятая попытка наблюдать звезды в период нахождения корабля над светлой стороной Земли успеха не имела. Надо заметить, что такой факт представляется вполне естественным и объясняется снижением уровня светочувствительности глаз за счет световой адаптации на яркие поверхности корабля и Земли, освещенные Солнцем.

Именно это имело место в предыдущих полетах кораблей типа «Джемини». Работа космонавта в положении стоя на сиденье кресла не вызывала у Олдрина особого напряжения. Частота пульса и дыхания непосредственно после открытия люка и примерно через час спустя составляли у него соответственно 92 удара в минуту и 18 вдохов в минуту и 75 ударов в минуту и 18 вдохов.

Космонавты отметили, что при входе в тень Земли глаза не сразу привыкли к темноте, что еще раз подтверждает соображения о невозможности наблюдения

звезд при полете над светлой стороной Земли. Работа Олдрина при открытом люке продолжалась 2 ч 29 мин, после чего люк был закрыт.

Через 42 ч 46 мин после начала полета был начат эксперимент по выходу пилота в открытый космос.

Открыв люк, Олдрин вылез на поверхность корабля и передвинулся к его передней части, где находилась состыкованная ракета. Здесь он соединил 30-метровым тросом ракету с кораблем и открыл створки ловушки микрометеоритов. После этого он отсоединил снятую и установил новую кассету на киносъемочную камеру. Эту операцию ему помогал выполнить Ловелл.

Затем он перешел к «рабочей площадке» на вспомогательном отсеке, где выполнил все предусмотренные программой рабочие операции. Один из отвинченных болтов выскользнул из рук космонавта, но в условиях невесомости и малой начальной скорости его удалось поймать.

Все операции Олдрин выполнил без особых усилий. Запотевание стекла гермошлема не наблюдалось. Его пульс составлял в среднем 80—120 ударов в минуту и не превышал 130 ударов, что соответствовало пульсу во время тренировок в бассейне с гидростатической невесомостью, но был значительно выше, чем тогда, когда только открывался люк.

Задания на второй «рабочей площадке», расположенной на передней части корабля, Олдрин также выполнил полностью и без особых затруднений. Этому, на наш взгляд, немало способствовали более совершенные способы крепления космонавта на рабочем месте, позволившие ему относительно свободно пользоваться руками. Это дало возможность успешно выполнить даже такую сравнительно сложную операцию, которая на первых порах была невыполнимой, как отвинчивание и завинчивание болтов. С другой стороны, успеху дела способствовали регулярные двухминутные передышки, которые Олдрин проводил в среднем через каждые 8 мин работы. Они снимали напряжение космонавта и, что не менее важно, облегчали работу системы жизнеобеспечения, так как ее возможности, как показали предыдущие эксперименты, оказались не вполне достаточными для поддержания нормальных жизненных условий в скафандре космонавта, работающего в открытом космосе.

Через 66 часов полета люк был вновь открыт, и Олдрин приступил ко второму сеансу работы, стоя на сиденье кресла. В первую очередь он выбросил из кабины все оборудование, ставшее ненужным после выхода (общим весом около 32 кг). Затем он произвел фотографирование звезд и восход Солнца в ультрафиолетовых лучах. В это время его пульс составлял 82—90 ударов в минуту, частота дыхания 16—18 вдохов в минуту. Следующее задание связано с использованием ручного навигационного прибора. Эта операция могла стать необходимой в случае отказа аппаратуры автоматической коррекции траектории космического корабля, например, при полете к Луне. Целесообразность проведения измерений углов между горизонтами планет и светилами заключается в отсутствии дополнительных ошибок измерений от неплоскопараллельности граней стекол иллюминатора и в лучшем обзоре неба, что в большей степени может гарантировать от ошибок опознавания навигационных светил. Вместе с тем такой метод имеет недостаток, связанный с низким уровнем темновой адаптации глаз (полет к Луне, например, весь проходит в лучах Солнца), что требует в астронавигационных инструментах использовать зрительные трубы с той или иной кратностью увеличения, облегчающие наблюдение звезд. Длительность второго сеанса работы при открытом люке составила 59 мин, после чего люк был закрыт.

Научные эксперименты, запланированные на полет корабля «Джемини-12», были практически полностью выполнены. Космонавты доставили на Землю более 450 м отснятой киноплёнки, в том числе 43 м отснятых в период выхода Олдрина в открытый космос.

Основным результатом полета корабля «Джемини-12» считается доказательство возможности проведения космонавтом в открытом космосе ряда несложных операций, таких, как установка и съём оборудования, перемещение на другой корабль аппаратуры и приборов, работа с фотоаппаратурой и астронавигационными инструментами и др. Для успешного проведения этих операций необходимы следующие условия:

1. Операции должны быть простыми, доступными для космонавта, в ограничивающем движении скафандре.

2. При выполнении работ космонавт должен быть надежно зафиксирован у рабочего места.

3. Инструменты, используемые космонавтом, должны быть приспособлены для работы в условиях открытого космоса.

4. Периоды работы должны чередоваться с периодами отдыха.

На основании данных, полученных космонавтами при работе в открытом космосе во время полетов кораблей типа «Джемини», сделаны следующие выводы относительно дальнейших исследований:

1. Для испытания оборудования и тренировок экипажа к работе в открытом космосе должны быть разработаны улучшенные методики наземной имитации невесомости и безопорного пространства.

2. Необходимо более точно определить энергозатраты космонавта при выполнении тех или иных работ с тем, чтобы задать уточненные требования на проектирование более совершенных систем жизнеобеспечения.

3. Необходимы усовершенствования космического скафандра, предназначенного для работы в открытом космосе, направленные на повышение свободы движений космонавта и уменьшение его усилий на преодоление сопротивления подвижных соединений.

По мнению доктора Берри, руководителя медико-биологических исследований NASA, после полета корабля «Джемини-12» проблему кратковременной работы в открытом космосе можно было считать решенной, однако подобные эксперименты необходимо продолжать, чтобы удостовериться в том, что успех Олдрина не был случайным.

Следует добавить, что попытки космонавтов использовать заплечную индивидуальную двигательную установку (ИДУ) во время полетов кораблей «Джемини-8 и 9» оказались неудачными. Практика показала, что для уверенной работы с ИДУ необходима отработка эффективных методов крепления космонавта на рабочем месте с тем, чтобы он мог затрачивать минимум энергии на поддержание ориентации своего тела и все внимание обратить на работу с ИДУ.

В целом анализ характеристик деятельности космонавта при выходе в открытый космос, проведенный нашими американскими коллегами, совпадает с теми вы-

водами, которые были сделаны в полетах А. Леонова и одного из авторов этой брошюры. Это повышает их достоверность и показывает те проблемы, решение которых может обеспечить безопасность выхода и улучшить характеристики работы человека вне корабля.

ЭМОЦИИ ПЕРВОГО ШАГА

Гагаринское «Поехали!», которое он произнес, делая первый шаг в неизвестное, открыло эру изучения эмоционального напряжения космонавта в космическом полете.

Познание эмоциональных реакций позволяет целенаправленно тренировать определенные стороны чувственного восприятия. Эмоции космонавта тесно связаны с условиями полета, его задачами и целями. Они закономерно проявляются на различных этапах. Каковы причины возникновения этих эмоций?

Одна из них — дефицит прагматической информации, т. е. недостаток сведений о среде функционирования и навыков, необходимых для выполнения поставленных заданий. Как было показано выше, в ходе подготовки экипажей, в программе полета которых запланирован выход в открытое космическое пространство, еще нельзя полностью моделировать физические условия безопорного пространства. Поэтому между прогнозируемым представлением о безопорном пространстве и реальными ощущениями появляется рассогласование — одна из причин эмоциональной напряженности. При подготовке к выходу в космос и осуществлении перехода из корабля «Союз-5» в корабль «Союз-4» мы на тренировках, в том числе в условиях самолетной невесомости, достаточно полно освоили алгоритм деятельности. Мы могли его выполнять целиком, по частям и даже начиная с любого временного отрезка программы. Навык достиг автоматизма. Никакой неуверенности в том, что отдельные операции могут быть не выполнены, у нас не было. Но вот в полете с самого начала стали проявляться «рассогласования» между прогнозируемым и реальным. Надевание скафандра очень удобно на Земле проводить вдвоем; в космосе, в условиях невесомости, — сложнее,

о чем мы упоминали выше. Мы ожидали этого, но сам факт появления комплекса таких явлений вызывал какую-то настороженность, беспокойство, увеличивал время на выполнение той или иной операции. И лишь программа, жесткая программа выполнения алгоритма надевания «спускала» нас в обычные условия наземной тренировки. Именно возрастание вероятности достижения цели, приближение прогнозируемого к реальному, уменьшение неопределенности снижали отрицательные эмоции.

Можно проиллюстрировать это следующим примером. Известно, что на человека, находящегося в скафандре, при выходе в открытый космос не действуют дополнительные факторы открытого космического пространства, и те изменения в его состоянии, которые регистрируются в этих условиях, в основном можно связать с нарастанием стресса. До настоящего времени выход совершался космонавтами в разное время полета. Непосредственно после выведения, когда организм еще не привык к невесомости, на вторые сутки, третьи сутки, когда человек несколько освоился с действием невесомости, координацией движений в условиях потери веса и ограниченного безопасного положения кабины корабля, т. е. в тот период, когда неопределенность в условиях выхода была несколько снижена и прогнозирование самой деятельности при работе в открытом космосе стало более точным и реальным. Согласно информационной теории эмоций в этом случае сила стресса должна быть меньше. Мы проанализировали все выходы космонавтов для сравнения величины их эмоциональной напряженности. Оказалось, что у членов экипажей космических кораблей, выходивших в открытый космос, на первых 10 витках полета частота сердечных сокращений была на 17 (средние данные) выше, чем у выходящих в более поздние сроки. Определенное подтверждение мы нашли и при спектральном анализе речи.

В основе эмоций выходящих космонавтов лежит стремление к достижению поставленных целей. Выходящего космонавта окружает все новое. Делая каждый новый шаг, космонавт анализирует явления, боясь пропустить то, что в будущем облегчит выход, сделает его более безопасным и более полезным. Вспомните выход

по программе «Восход-2». Минуту назад открылась крышка люка, человек впервые вышел в открытое космическое пространство. Вокруг неизвестное. Отплыл и первое причаливание космонавта к кораблю. Что делает человек? Он анализирует обстановку, он передает командиру, что его движения влияют на положение корабля, что связь работает хорошо, что он видит под собой полосу Кавказского побережья. Космонавт принимает ответственные решения, все его чувства направлены на открытие неизвестных еще человеку ощущений. Он знает, что за каждым его словом, каждым движением следят люди на Земле. Все это не может не вызывать у космонавта эмоционального напряжения. Так же и в полете «Аполлон-11» — огромное желание выполнить поставленную цель заставило сердце Армстронга делать 156 ударов в минуту при выходе на Луну вместо обычных 77 ударов.

Причиной возникновения эмоционального напряжения выходящего космонавта можно считать повышенную вероятность появления аварийной ситуации, заботу о своей жизни, безопасности полета. У нас имеются примеры эмоционального напряжения экипажа в аварийных условиях. При отказе автоматической системы посадки у П. Беляева и в момент инцидента с лунной кабиной у Сернана частота пульса как у того, так и у другого увеличилась вдвое и достигла 129 ударов в минуту. У экипажа космического корабля «Аполлон-13» в момент частичной аварии (взрыв баллона с кислородом), произошедшей на расстоянии 330 000 км от Земли, частота пульса увеличилась в первые 30 сек после возникновения аварийной ситуации более чем на 65 ударов.

Все эти случаи как будто подтверждают существовавшие ранее взгляды, что эмоциональное напряжение космонавта связано лишь с чувством неопределенности и самосохранения. Однако многие факты свидетельствуют о том, что эмоции космонавта не могут быть сведены к естественному для человека, но далеко не единственному чувству самосохранения. В случае с П. Беляевым при отказе автоматики впервые посадку корабля взял на себя человек. Исход такого решения не был ясен. И несмотря на это, работа П. Беляева по ручной посадке признается отличной.

Взрыв на борту корабля «Аполлон-13». Кончаются запасы кислорода, должны быть эмоции страха. Ловелл, Хейс и Сунддерт справились с серьезнейшей аварией, спасли свою жизнь и корабль.

Космический полет предъявляет к человеку такие требования, с которыми трудно справиться, рассчитывая лишь на наземные тренировки. В полете у космонавта должен быть еще какой-то «запас прочности», резервы возможностей для выполнения профессиональных видов работ в изменившихся условиях деятельности, в усложнившемся полете, при возникновении аварийных ситуаций. Анализ показал, что этим резервом у космонавта становится чувство профессиональной ответственности, ведущее к оптимизации деятельности на фоне повышения эмоционального напряжения.

Рассмотрим в этом плане полет космического корабля «Восход-2», даже не весь полет, а два его этапа — этап выхода второго пилота в открытое космическое пространство и этап посадки в условиях отказа автоматики. В этом полете сложилась почти идеальная экспериментальная обстановка, в которой лидерство в замкнутом коллективе попеременно переходило от одного его члена к другому.

Подготовка к шлюзованию. Функциональные профессиональные обязанности командира в выполнении этой операции делают его лидером. Наивысшая напряженность, четкие действия — частота сердечных сокращений намного превосходит обычную норму и те показатели, которые определяются у второго пилота. Выход. Лидерство переходит ко второму пилоту. Картина эмоциональной окраски деятельности меняется. У второго пилота сердце сокращается в 2,5 раза чаще, чем у командира, а у командира — полетная норма. И еще одна смена лидерства — аварийный этап ручной посадки. От качества выполнения этого этапа зависит судьба экипажа, корабля. Об этом знают и командир, и второй пилот. Но ориентацию корабля и его посадку проводит командир. Эмоции профессиональной ответственности развиваются именно у него, а у второго пилота частота сердечных сокращений в норме.

И вот последний, решающий этап. Корабль сориентирован. Рука командира на кнопке пуска тормозного двигательного устройства. Пуск необходимо произвести с

секундной точностью. Командир ждет. Раннее или позднее нажатие кнопки означает посадку далеко за пределами расчетного района приземления.

Эмоциональное напряжение достигает предела и происходит резкий сдвиг частотной характеристики речи в сторону высоких частот. У второго пилота все в порядке. Частота сердечных сокращений в пределах полетной нормы. Но вот кнопка нажата. Корабль летит к Земле, появляются перегрузки. В этот момент у всех летавших космонавтов отмечается учащение сокращений сердца — это вызвано перегрузками. То же отмечается у второго пилота «Восход-2». У командира, несмотря на то что на него действуют те же перегрузки, частота пульса снижается. Происходит снижение эмоциональной напряженности, корабль идет к Земле, все в порядке.

Эмоции будут всегда в космическом полете, так как в нем человек сталкивается и будет сталкиваться с факторами неожиданности и новизны. Призванные активизировать физические и интеллектуальные возможности человека в трудных условиях, эмоции будут оптимально «работать» лишь в том случае, когда человек физически и морально готов выполнять данную задачу.

КОСМОНАВТЫ НА ЛУНЕ

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

Следом за этими ракетами на лунные трассы вышли другие посланцы Земли — «Луна-4, 5, 6, 7...». И вот на-

ступил день 3 февраля 1966 г. В 21 ч 45 мин 30 сек 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, нам рассказывал Нил Армстронг — первый человек, ступивший на поверхность Луны. Он говорил об этом и в Ленинграде, находясь на XIII сессии КОСПАР, и затем, будучи гостем Звездного городка, в Москве. Мы расскажем об этих ощущениях, опираясь на его сообщения, а также на экспериментальные данные, полученные нами в ходе моделирования лунных условий на Земле.

По программе «Аполлон» вела подготовку группа американских космонавтов, однако конкретный состав экипажа для космического корабля «Аполлон-11» был отобран в январе 1969 г., т. е. за 7 месяцев до старта. В него вошли Нил Армстронг, Эдуин 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 и ракетоплана «Х-15», поднимаясь на высоту до 60 км. Олдрин прошел самую основательную научную подготовку среди американских космонавтов. Он защитил диссертацию на тему, посвященную изучению сближения и стыковки кораблей в космосе. Заслуживают внимания результаты его работы, проведенные во время полета КК «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.

После того как в июне 1969 г. лунная кабина корабля «Аполлон» опустилась на поверхность Луны, космонавты были слишком возбуждены, чтобы спать, как это было предусмотрено программой. Предшествующее посадке маневрирование лунной кабины с целью выбора подходящей площадки проходило в исключительно

напряженной обстановке. Это был один из критических моментов полета. После включения тормозного двигателя пульс у Армстронга повысился от нормальной частоты, равной 77 ударам в минуту, до 110 ударов в минуту, а в момент прилунения составлял 156 ударов в минуту. Правда, спустя минуту, состояние пульса и дыхание 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 процессе подготовки космонавтами был проведен большой объем проверочных работ по контролю работы систем скафандров и систем корабля. Эти операции выполнялись предельно внимательно и без поспешности. На все это космонавты затратили около 6 ч. Когда все проверки были закончены, они откачали кислород из кабины, на что потребовалось больше времени, чем по плану, и убедившись в исправности скафандров, открыли люк. Армстронг вылез на 9-ступенчатую лестницу, укрепленную на одной из четырех ног посадочного шасси, и стал спускаться. По пути он, потянув за специальное тросовое кольцо, выдвинул телевизионную камеру, которая передавала на Землю репортаж об историческом событии. Одновременно был обеспечен доступ к рабочему оборудованию, с которым космонавтам предстояло работать.

Олдрин, наблюдая за спуском Армстронга, постоянно корректирует его движения: «Возьми немного в мою сторону, подвинься влево, хорошо, теперь все в порядке». Олдрин фотографирует спускающегося Армстронга.

В 22 ч 56 мин (по вашингтонскому времени), т. е. спустя 6 ч 39 мин после прилунения, Нил Армстронг ступил на Луну. Он сделал для начала несколько шагов, чтобы проверить прочность лунного грунта и возможность передвигаться 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 твер-

дый грунт, так что нога погружается в пыль всего на несколько сантиметров. Армстронг берет первый образец лунного грунта (аварийный вариант).

Спустя 19 мин Армстронг закончил разведку, и к нему спускается Олдрин. Армстронг фотографирует его спуск. Олдрин укрепляет в грунте шток, на который вешает алюминированный лист для сбора частиц, содержащихся в солнечном ветре.

После этого космонавты вдвоем снимают с лунной кабины телевизионную камеру и ставят ее недалеко от корабля на штативе. Устанавливают на флагштоке государственный флаг США. Далее космонавты переносят на расстояние в несколько десятков метров от корабля сейсмографический прибор и запускают его в работу. Он чутко реагировал на шаги космонавтов по Луне, а впоследствии регистрировал лунотрясение. Ими был перенесен и развернут лазерно-радарный рефлектор для точного измерения расстояния Земля—Луна.

Важнейшим заданием космонавтов при выходе на поверхность Луны был сбор образцов лунных пород. Для этой цели космонавты были снабжены специальными щипцами и совками с длинными рукоятками, чтобы избежать наклонов тела.

Камни на Луне также покрыты слоем пыли, поэтому были скользкими на ощупь, и их оказалось не так легко ухватить щипцами. Собранные образцы были уложены в два герметических контейнера, с тем чтобы избежать действия на них кислорода в корабле и воздуха на Земле.

Особым заданием являлось взятие проб грунта с глубоких слоев. Для этой цели предназначались специальные трубки, загоняемые в грунт. Занимавшийся этой работой Олдрин заметил, что до глубины 5—7 см трубки легко проникают в грунт под ударами молотка. Дальнейшее погружение трубок требует интенсивной работы молотком, приходилось «забивать вовсю». В общей сложности в открытом космосе на поверхности Луны космонавты пробыли 2 ч 20 мин.

Описывая свои впечатления от пребывания на Луне, связанные с особенностями передвижения по ее поверхности, космонавты отмечали, что эта операция не вызывает особых затруднений, хотя и требует определенных предосторожностей. Армстронг радировал на Зем-

лю: «По-моему, мы приспособились к «одной шестой» без всяких трудностей».

Сначала космонавты двигались по Луне с большой осторожностью, но освоившись, начали передвигаться большими плавными прыжками-шагами со средней скоростью 8—12 км/час. Тяжелая ранцевая система жизнеобеспечения и сам 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 заставлял космонавтов наклоняться вперед примерно на 10—15 градусов, чтобы центр тяжести тела приходился на середину ступней. Это же обстоятельство, по всей видимости, явилось наиболее важным среди других обстоятельств, осложняющих процесс передвижения особенно при больших скоростях. Дело в том, как это указывалось рядом авторов по результатам исследований на наземных тренажерах, ввиду уменьшенного давления космонавта на грунт силы сцепления ботинка и почвы на Луне ниже примерно в 6 раз, тогда как инерционная масса космонавта, оставшись неизменной, сохраняет прежнее значение тангенциальных составляющих сил в зоне контакта подошвы с грунтом Луны. Эти составляющие будут тем больше, чем большие ускорения будет иметь космонавт при движении в горизонтальной плоскости.

Если, например, находясь в движении, он пожелает быстро остановиться, то сила трения подошв о грунт может оказаться недостаточной и космонавт начнет скользить по поверхности Луны, как по льду. Чтобы не упасть, он должен так балансировать своим телом, наклоняя его вперед и назад на разные углы, чтобы общий центр тяжести тела постоянно находился в пределах ступней. Если учесть, что коэффициент трения подошв о лунный грунт может меняться произвольно во времени, то такое балансирование может быть удачным лишь в благоприятных случаях, а чаще может привести к необходимости переступать ногами, постепенно гася скорость. Этот процесс требует тренировки, причем адаптированной к одной шестой земного веса. Видимо, в этой связи и по этой причине Олдрин советует при движении по Луне рассчитывать наперед 3—4 шага вместо 1—2 шагов, как это мы делаем на Земле. Это утверждение представляется тем более разумным, что, как обнару-

жили космонавты, твердость лунного грунта существенно различна. В одних местах глубина следа составляет лишь несколько миллиметров, но в других случаях она может увеличиваться до 5—7 см, а на склонах кратеров глубина следов достигла 15—18 см. При такой глубине следа, по наблюдениям космонавтов, надавливание на грунт сопровождается сдвигом ноги в сторону, что может привести к нарушению положения тела.

Вместе с тем, по замечанию Олдрина, на Луне можно отклоняться телом от вертикального положения на гораздо большие углы, чем на Земле, не теряя при этом равновесия. В процессе жизни на Земле человек вырабатывает прочные критерии оценки отклонения тела от вертикали на основе сигналов, идущих в мозг от напряженных мышц. Попадая в условия пониженной гравитации, как это случилось с Олдрином, при отклонении тела на те же самые углы от вертикали приходится напрягать мышцы меньше (для Луны примерно в 6 раз), чем на Земле. Поэтому наблюдательный Э. Олдрин заметил, что, отклоняясь телом от вертикали на известный угол, мышцы напряжены слабо, и подумал или, вернее сказать, почувствовал, что, напрягая мышцы сильнее, он может якобы отклоняться на больший угол. Таким образом, совершенно очевидно, что его утверждение вполне закономерно и имеет под собой лишь психологические причины. Фактические углы отклонения тела человека от вертикали при сохранении равновесия и на Земле и на Луне являются совершенно одинаковыми, так как в условиях изменения силы тяжести пропорционально изменяется масштаб сил, определяемых весом тела, а их соотношение между собой остается неизменным. К указанному добавим только, что утверждения Олдрина будут совершенно правильными, если подошвы ботинок будут жестко прикреплены к грунту, например, на клею. Однако при тех силах сцепления обуви и грунта, о которых говорили космонавты и которое имеет место на Луне, этого эффекта заметить нельзя.

Особый интерес представляют условия освещенности на поверхности Луны, по впечатлениям космонавтов. 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, цвет ее поверхности меняется. Смотришь серый цвет, ближе — черный. Следует добавить, что работа зрения у космонавтов на Луне происходила в условиях резких контрастов. К этим контрастам трудно приспособиться сразу, и это мешало работе. Но прошло время, и человеческий организм адаптировался, восприятие видимого и стереоскопичность зрения стали такими же, как на Земле.

Еще и еще одна экспедиция на Луну... В декабре 1972 г. благополучно закончилось последнее посещение Луны по программе «Аполлон». Как мы знаем, не все проходило гладко, иногда с большим риском для человека. Лишь мужество, отличная подготовленность экипажа «Аполлон-13» спасли от трагедии, разыгравшейся в космосе после взрыва кислородных баков на этом корабле. В Советском Союзе исследования Луны на настоящем этапе идут с помощью автоматов. Автоматы нам 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».

Опыт подсказывает, что космонавтам-исследователям при последующих полетах на Луну и другие планеты придется проводить значительный объем работ научно-исследовательских и навигационных, топографических, строительных, селенодезических и др. Вместе с тем непривычные условия гравитации будут существенно видоизменять биодинамику движений, нарушать привычные рабочие навыки и тем самым снижать уровень работоспособности космонавта. Поэтому ясно, что в систему подготовки космонавтов должна входить и специальная биомеханическая подготовка. Эффективность этой подготовки будет тем больше, чем полнее будут учтены факторы внешних условий и, в частности, новые биодинамические возможности человека, обусловленные гравитацией. Вот на этом, используя в качестве примера отработку навыков передвижений и работы на Луне, мы ниже и остановимся.

Еще до посещения Луны человеком ученые предложили ряд принципиальных устройств, при помощи которых имитировалась деятельность человека в условиях $1/6$ земной гравитации.

Принцип действия одного из таких стендов был ос-

нован на том, что, если человек двигается в плоскости, наклоненной по отношению к вектору силы тяжести, то его перемещение определяется действием составляющей силы тяжести, перпендикулярной этой плоскости (если действие тангенциальной составляющей скомпенсировано). Для имитации условий лунной гравитации эта плоскость должна быть наклонена к вертикали места на угол $9,5^\circ$. Для компенсации тангенциальной составляющей создавалась специальная система подвески человека. Используются также принцип снижения веса за счет погружения человека в водную среду определенной плотности, полеты на самолете-лаборатории по траектории, обеспечивающей остаточную гравитацию, равную $1/6$ земного веса, специальные стенды, оборудованные ЭВМ для оперативной имитации кинематической обстановки при передвижении человека в заданных условиях гравитации и др. Нами использовался метод с механическим вывешиванием центра тяжести человека до $1/6$ земного веса.

Для регистрации двигательной деятельности был использован кинометод. Киноматериал подвергался кадровой расшифровке и последующей обработке. В ходе обработки получались скорости и ускорения отдельных участков тела (вертикальные и горизонтальные на заданном участке движения), составлялись кинограммы шага, прыжка, бега. Эксперименты показали, что изменению подвергается поза человека, он приподнимается на пальцах стопы и при передвижении сохраняет в основном эту позу. Скорость передвижения резко сокращается от 6 км/час при 1 «G» до 1—1,5 км/час при $1/6$ «G». При этом амплитудные значения для вертикальной скорости меньше в 3 раза, а для вертикального ускорения — в 4 раза по сравнению с условиями на Земле. Поэтому передвижение шагом в условиях «лунной гравитации» даже при среднем темпе начинает приобретать элементы прыжков (появление феномена «шага-прыжка»), когда стопа толчковой ноги отрывается от площади опоры в тот момент, когда выносимая вперед еще не приобретает опорного положения. Иными словами, передвижение шагом превращается в разновидность бега.

В условиях моделирования лунной гравитации значительные изменения наступают и в биодинамике прыж-

ка в высоту. Возможности человека возрастают. Натренированный человек может преодолевать 4-метровую преграду. При этом величины начальной и средней скорости полета снижаются более чем в 10 раз.

Приведенные материалы были получены давно, когда на Луну еще не ступала нога человека. В дальнейшем данные американских исследователей, анализ киноматериала лунных полетов почти полностью подтвердили приведенные выше цифры.

Впереди у человека необъятные просторы Вселенной. Наверняка можно сказать, что многие планеты будут посещаться человеком, и он должен быть знаком с условиями передвижения и работы на них. Эти же знания ему необходимо получить на нашей родной Земле.

ЗА БОРТОМ КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ

1869 год. Во Франции на прилавках книжных магазинов появился необычный для того времени труд «Средства связи с планетами» изобретателя Шарля Кро. Предыстория этой книги весьма любопытна. Автор, наблюдая на некоторых планетах вспышки, принял их за попытки внеземных цивилизаций связаться с землянами. После этой книги вопрос проблемы связи с внеземными существами напоминает тлеющий огонь. Он то разгорается с большой силой, питая различные фантастические идеи, то затухает под струей пессимистической критики.

Какими бы смелыми и порой оригинальными не выглядели проекты этих ученых и фантастов, никто из них не предлагал использовать непосредственный выход человека в открытый космос или использовать земные машины, космические «такси» для сообщения между искусственными телами в космическом пространстве, между человеком и «иксом» внеземной цивилизации.

Трудно говорить об этом и сейчас. Если сложить весь путь, пройденный землянином в открытом космосе, — это десятки метров, учитывая лунные прогулки членов экипажей «Аполлонов», это километры. А космические расстояния, которые мыслятся для практическо-

го использования, — тысячи километров, а это далеко не равноценные величины.

Что было у А. Леонова для передвижения в открытом космосе? Фал — крепкая веревка, работая с которой, он, используя свою силу, мог отходить от корабля и подходить к нему. Что было у экипажа «Союз-5»? Для этой же цели — леера, скобы, мускульная сила. Орудия пионеров-первопроходцев. Как и обычный, орбитальный полет не является повторением предыдущего, а развивает его, являясь в то же время базой для последующего полета, так и каждый выход, переход из корабля в корабль в полете, передвижение в открытом космосе служат такой же основой для будущих экспериментов.

Полет «Джемини-4». Первым из американских космонавтов вышел в космос Д. Уайт. Он трижды делал выход, в то время как корабль пролетал над освещенной стороной Земли. В его руках уже было ручное реактивное устройство, имеющее три сопла, которое работало на сжатом кислороде. Два сопла с тягой по 0,45 кг обеспечивали астронавту передвижение вперед, а одно с тягой 0,9 кг — назад. Управление устройством осуществлялось нажатием курка. В открытом космосе эта несложная машина проработала всего 3 мин (в дальнейшем астронавт передвигался при помощи фала и мускульной силы). Несмотря на кратковременность использования реактивного устройства, создание его явилось определенным шагом в освоении открытого космоса, в передвижении в безопорном пространстве.

Полет «Джемини-9». Задачей космонавта Сернана было маневрирование в открытом космосе при помощи ранцевой установки. И если реактивное устройство Уайта весило всего 3,4 кг, то установка Сернана — 75,3 кг. Она могла поддерживать заданное положение тела в пространстве автоматически или же управляться вручную. Но, к сожалению, этот эксперимент в открытом космосе произвести не удалось. Подвела невесомость. Дискоординация движений привела к повышенным энерготратам, а отводить все тепло сразу не удавалось. В результате основной козырек гермошлема запотел, и эксперимент пришлось отложить.

Полеты космических кораблей, эксперимент за экспериментом, новые идеи, новые конструкции должны привести и приведут к созданию таких устройств для

передвижения в открытом космосе, надежность функционирования которых будет превышать надежность всех земных современных средств передвижения. Какими они будут? Как будет чувствовать себя человек, управляющий ими? Какие у них будут функции?

Прежде всего, какие дополнительные трудности возникают при использовании космонавтом автономной двигательной установки по сравнению с обычным выходом.

Во-первых, это комплекс новых условий, связанных со значительным удалением космонавта от корабля, который для него уже стал за время полета обжитой базой, домом. Во-вторых, усложняются задачи по нахождению оптимального импульса и места его приложения по отношению уже не к центру массы тела (как при работе с фалом), а к системе «тело—установка». В-третьих, усложнятся операции по расчету величины импульса и места начала торможения для обеспечения безопасности причаливания. Сама эта операция является сложной логической задачей, требующей принятия решения на основе очень ограниченной информации. Эта информация будет содержать сведения о скорости сближения с кораблем, об ускорениях и некоторых других физических параметрах движения. Заметим, что прием решений будет проводиться на значительном эмоциональном фоне при одновременном распределении внимания на ряд контрольных операций, таких, как сохранение линии причаливания, ведение радиосвязи, наблюдение за приборным оборудованием.

В недалеком будущем просторы Вселенной будут бороздить большие, долговременные орбитальные станции. Экипаж станции 20—25 человек. По тем или иным причинам возникает необходимость посетить соседнюю станцию. Например, для оказания помощи, пополнения запасов, а может быть, просто нанести визит вежливости. Переводить всю станцию на другую орбиту нельзя — орбита рассчитана для выполнения определенного задания, и это неэкономично. Поэтому на будущих долговременных станциях будут вспомогательные реактивные аппараты, по всей видимости, одноместные, для межкосмической связи и связи с Землей.

Штурм космоса только начался, но уже то, что достигнуто за первое десятилетие, дает мысли человеческой широкие просторы. Пройдет время, регулярные

рейсы в космос, к далеким планетам станут обычными, и, может быть, пророчество французского изобретателя станет былью — будет связь с другими планетами. И в этом великая заслуга первопроходцев, тех, кто покинул корабль и смело шагнул в открытый космос.

ХАЧАТУРЬЯНЦ Левон Суренович
ХРУНОВ Евгений Васильевич

В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ

Редактор *Р. Базурин*. Обложка *В. Блинова*.
Худож. редактор *В. Конюхов*. Техн. редактор *А. Красавина*. Корректор *В. Гуляева*.

А 11636. Индекс заказа 34208. Сдано в набор 21/V 1973 г. Подписано к печати 17/VII 1973 г. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1. Печ. л. 2. Усл.-печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,19. Тираж 27 060 экз. Издательство «Знание». 101835. Москва, Центр, проезд Серова, д. 3/4. Заказ 981. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 10 коп.

10 коп.

Индекс 70101