

НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

3/1972

СЕРИЯ
КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ

Ю. И. Новокшенов
ЧЕЛОВЕК
И ТЕХНИКА
В ОСВОЕНИИ
КОСМОСА



Ю. И. Новокшенов,

кандидат технических наук

ЧЕЛОВЕК И ТЕХНИКА В ОСВОЕНИИ КОСМОСА

Издательство «Знание»
Москва 1972

Новокшенов Юрий Иванович

Н 74 Человек и техника в освоении космоса. М., «Знание», 1972. 32 с.
(Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика, астрономия», 3).

Исследование и освоение космоса поставили ряд научно-технических и психофизиологических проблем взаимодействия человека и техники в этой принципиально новой сфере деятельности: некоторые из этих проблем обсуждаются в настоящей брошюре. Дается общая характеристика космической техники, анализируется усложнение требований к человеку, осваивающему космос, рассматриваются особенности трудовой деятельности человека в космосе, а также ряд аспектов взаимодействия, распределения и взаимовлияния функций человека и техники в процессе освоения ближнего и дальнего космоса. Уделено внимание особенностям автоматизации космической техники на современном этапе и в будущем.

2-6-5
Т. п. 1972 г. № 42

6Т6

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Космическая техника	4
Человек и космос	7
Труд человека в космосе	9
Человек и ЭВМ в космосе	15
Робот в космосе — фантазия или реальность?	19
Усложнение космической техники и проблема автоматизации	23
Человек и техника в ближнем космосе	26
Человек и техника в дальнем космосе	29
Заключение	32
Литература	32

Юрий Иванович Новокшенов ЧЕЛОВЕК И ТЕХНИКА В ОСВОЕНИИ КОСМОСА

Редактор Р. Г. Базурин. Обложка И. Г. Макаренко. Худож., редактор В. Н. Конюхов. Техн. редактор Г. И. Качалова. Корректор Л. С. Соколова.

А 02114. Сдано в набор 29/XII 1971 г. Подписано к печати 21/II 1972 г. Формат бумаги 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1. Печ. л. 2. Уч.-изд. л. 2,01. Тираж 44 570 экз. Издательство «Знание». Москва, Центр. Новая пл., д. 3/4. Заказ 2887. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 6 коп.

Введение

Человек находится в постоянном общении с природой, взаимодействует с ней. В процессе этого взаимодействия он ставит между собой и природой технику. Огонь технического прогресса, который веками тлел и разгорался, в последние десятилетия стал бушевать, как пожар; за последние же 10—15 лет в развитии науки и техники произошел гигантский скачок. Он вплотную приблизил человека к воротам космоса. Настал момент, когда с помощью ракетно-космической техники человек вышел за пределы земной атмосферы — в космическое пространство.

Каковы же цели освоения космоса? Осваивая космос, открывая новые законы природы, человек становится на новую, более высшую ступень общения с природой и, следовательно, получает возможность лучше устроить жизнь на Земле. «Наше время есть время космических полетов, изучения далекой вселенной, познания происходящих в ней процессов и потом применения этих знаний в современной технике», — писал в этой связи академик В. А. Амбарцумян.

Поскольку человек в процессе освоения космоса функционально связан с техникой, взаимодействует с ней, естественным образом возникает проблема оптимизации этого взаимодействия. В узком смысле она может пониматься как проблема «человек — машина» применительно к космическим системам — со всеми ее традиционными аспектами (распределение функций между человеком и техническим элементом системы, исследование функциональных возможностей человека, «приспособление» машины к человеку и т. д.). В более широком плане следует иметь в виду, что возможности и перспективы человека в освоении космоса практически полностью определяются совершенством космической техники, перспективами ее развития. Ясно также, что в зависимости от особенностей и тенденций развития космической техники существенно меняются роль и место человека в освоении космоса, специфика его деятельности в космосе и в конечном счете его жизнь на Земле. Возникает, таким образом, комплексная проблема организации, оптимизации и прогнозирования «взаимоотношений» человека и техники освоения космоса.

Итак, прежде всего: что такое космическая техника?

Космическая техника

Человек стал мечтать о полете в космос на сотни лет раньше, чем сумел подняться в воздух. Люди думали о полетах на Луну и Марс, еще не предполагая о других источниках движущей силы, кроме силы мускулов человека или животных. Заветное стремление послать в небесную высь нечто материальное, сотворенное руками человека, прошло сложную эволюцию от примитивной стрелы до шара, наполненного легким газом, от неуклюжей «этажерки» до скоростного самолета, от ракеты и искусственного спутника Земли до многоместного космического корабля.

Триумф советской науки и техники — запуск 4 октября 1957 г. первого в мире искусственного спутника Земли весом в 83,6 кг — был одним из наиболее значительных событий в истории цивилизации. В 1957 г. на околоземные орбиты вышли лишь два спутника — только два! К концу десятого года космической эры общее число космических летательных аппаратов, выведенных в космос, достигло 617... Сегодня счет спутников одной лишь серии «Космос» приближается к пятистам. А есть еще «Полеты», «Зонды», «Электронны», «Протоны», «Молнии», «Востоки», «Восходы», «Союзы»... По подсчетам представителей ВВС США, уже в 1967 г. вокруг Земли, Луны и Солнца «вращалось» около 1200 объектов, более двухсот из которых продолжали посылать на Землю сигналы. Остальные — «умолкшие» спутники, носовые конусы, обломки объектов, потерпевших аварию в космосе, и т. д.

Все это выводится на орбиты ракетами-носителями, обладающими уникальной энергетической мощностью и совершенством. Современная ракета-носитель, имея колоссальный вес, исчисляемый тысячами тонн, может вывести с первой космической скоростью на орбиту груз, соответствующий приблизительно 2—4% ее начального веса, а на трассу полета со второй космической скоростью около 0,5% начального веса. Ракеты, работающие на химическом топливе, фактически доведены в настоящее время до пределов своего конструктивного совершенства. Достаточно сказать, например, что современные ракетные двигатели имеют удельные тяги, приближающиеся к предельным, теоретически возможным для химического топлива.

Энергетическая мощь носителя была бы бесполезной, если бы не обеспечивалась высокая точность работы ракетно-космической техники. Ни одно из известных транспортных средств не работает в условиях таких жестких требований по точности, как космическая техника. Взять хотя бы участок выведения. Казалось бы, то обстоятельство, что траектория космического аппарата может корректироваться на всех эта-

пах полета, должно снизить требования к точности выведения. Однако опыт эксплуатации космической техники показывает, что для того, чтобы коррекции были эффективными, ошибки выведения по скорости не должны превышать значений, указанных в нижеследующей таблице:

Спутники Земли	Допустимая ошибка по скорости, %
Эллиптическая орбита	1,0
Круговая орбита	0,1
Полет к Луне	
Попадание на поверхность	0,2
Попадание на поверхность в круг радиусом 100 км	0,01
Полет вокруг Луны и возвращение на Землю	0,005
Попадание на поверхность Марса	0,0005

Требования к точности не снижаются и на орбите. Различные программы исследования Земли, например, фотографирование, требуют стабилизации и ориентации космического аппарата с точностью 0,1—2" в течение долей секунды; радио- и телесвязь через спутник и навигация наземных объектов по сигналам со спутника требуют точности 1"—0,3" в течение нескольких минут. Но наиболее жесткие требования по точности предъявляет к космической технике звездная астрономия — система ориентации должна обеспечить точность гидирования телескопа до 0,01" в течение нескольких часов!

Несколько слов о надежности космической техники. Слово «надежность», такое привычное и знакомое в обиходе понятие, ныне — научный термин, важный статистический и вероятностный показатель обеспечения исправности работы техники. Академик А. И. Берг называет надежностью «вероятность безотказной работы любого технического устройства (оборудования или промышленного изделия) на протяжении заданного времени в специально оговоренных условиях». Фактор надежности как показатель качества работы техники приобрел первостепенное значение в авиации, где сложные автоматические и полуавтоматические системы, обеспечивающие выполнение различных задач в полете и безопасность экипажа, постоянно требуют повышения надежности целых комплексов аппаратуры и автоматики.

Имеется много путей повышения надежности техники: широкое внедрение типовых и стандартных изделий, тщательная доводка перед эксплуатацией, своевременная профилактика, ремонт и т. д. В космосе, где речь идет о длительной работе автоматического оборудования, в основном без обслужива-

ния, кроме перечисленных факторов, необходимы и некоторые более совершенные способы повышения надежности.

Разработка методов повышения надежности космической техники идет по нескольким направлениям: по пути внедрения прерывистой или импульсной работы аппаратуры, многократного дублирования агрегатов, и т. д. Принцип прерывистой работы аппаратуры космической техники в длительном орбитальном полете дает возможность увеличить надежность, так как он ведет к экономичному расходованию ресурса оборудования и приборов, а также уменьшает потребности в энергии. Кроме того, если считать вероятность выхода из строя оборудования в космосе постоянной в течение всего времени службы, то при прерывистой работе число возможных аварий будет меньше. Требования, предъявляемые к космической технике, определяют весьма высокий уровень ее автоматизации, т. е. уровень исключения человека из процесса функционирования систем. Профессор И. Я. Конфедератов выделяет пять основных, качественно отличных одна от другой групп функций, которые выполняет человек в системе «человек — машина»: энергетические, технологические, управляющие, транспортные и логические. Классификация дается преимущественно для техники материального производства; она может быть сохранена и по отношению к средствам исследования и освоения космоса, но только в таком случае имеет смысл технологические и логические функции понимать несколько шире — в соответствии со спецификой космической техники. История техники доказывает, что чем совершеннее техника, тем больше трудовых функций человека в системе «человек — машина» передано техническому элементу системы. Рассматривая с этой точки зрения космическую технику, мы можем, так сказать, чисто теоретически прийти к выводу, что она является весьма совершенной: энергетические и транспортные функции полностью переданы технике, а участие человека в процессе реализации функций трех остальных групп существенно меняется в зависимости от задач, выполняемых системой.

Мы перечислили ряд таких особенностей космической техники, которые удобно было бы назвать параметрическими, — они характеризуются более высокими техническими параметрами космических систем по сравнению с другими техническими средствами. Существуют, однако, и принципиальные, качественные особенности, отличающие космическую технику и в комплексе присущие только ей одной.

Прежде всего о целях, которым служит космическая техника. Создавая конкретное техническое средство — самолет, трактор, энергетическую систему, двигатель — человек имеет в виду вполне определенные цели, которым будет служить разрабатываемая техника.

Подобные цели даже в малом меняются весьма редко, а принципиально — практически никогда. В случае техники освоения космоса дело может обстоять несколько сложнее. В процессе исследования и преобразования космоса, во время космических полетов и длительного пребывания человека на других небесных телах могут возникнуть задачи, которые заранее были неизвестны, но которые придется решать с помощью имеющейся техники. В этом одно из принципиальных отличий космической техники от земной: мы, собственно, впервые сталкиваемся с необходимостью создания систем, цели и задачи функционирования которых не определены априорно.

Вторая важная особенность космической техники — ее многофункциональность. Пилотируемая космическая техника, например, служит не только средством научных исследований, но и одновременно обеспечивает жизнедеятельность космонавта. В отличие от земных средств обеспечения жизнедеятельности для космических средств характерно, что они компенсируют большой диапазон экологических условий, определяемый отличием имеющегося параметра от потребного: при входе в плотные слои атмосферы, например, тепловая защита космического корабля поддерживает температуру внутри него в пределах 20—30°C, в то время как в некоторых точках наружной поверхности температура может достигать 2210—2260°C!

Все вышеперечисленные особенности космической техники, а также условия, в которых она используется, существенно меняют и усложняют проблему организации и оптимизации ее «взаимоотношений» с человеком. Прежде всего качественно меняются требования к человеку, взаимодействующему с техникой в процессе освоения космоса.

Человек и космос

Освоение космического пространства человеком предполагает его нахождение по крайней мере в трех принципиально новых сферах: в условиях микромира космического корабля, в открытом космосе и в условиях другого небесного тела. Для всех этих вариантов характерны различные сочетания таких факторов, как перегрузка, невесомость, шум, вибрация, микроклимат и т. д. К специфически космическим факторам относятся, кроме того, вакуум, корпускулярная, электромагнитная радиация, метеорные потоки и т. д.

Человек — земное существо. На Земле действует ряд специфически земных факторов, таких, как атмосфера, суточная и годовая периодичность, магнитное и гравитационное поле. Влияние гравитации, например, сказалось не только на развитии ряда физиологических функций человека, на весе и форме его тела, но и на психофизиологических механизмах отра-

жения им внешнего мира. Центральная нервная система человека, ее структура и функции сложились в результате длительного эволюционного развития в специфических земных условиях — и соответствуют им. Человеческий организм подобен полужидкой капле, заключенной в непрочную оболочку. Эту каплю с трудом удерживают в определенных границах кости и мускулы. Даже в спокойном состоянии, но висая вниз головой, человек жить не способен.

Влияние космических факторов на находящиеся на Земле организмы и их популяции исследовалось, начиная с 1915 г., А. Л. Чижевским и другими учеными. В результате исследований в биологическую практику стали проникать идеи о зависимости земной жизни от космоса. Эти исследования привели к выводу о зависимости числа эпидемий, кривых смертности и других биологических, физиологических и патологических процессов от солнечной активности. В 50-х годах были проведены первые биологические эксперименты на ракетных аппаратах в верхних слоях атмосферы, а 3 ноября 1957 г. был запущен первый биоспутник, в котором, кроме научной аппаратуры, был установлен герметический контейнер с первым космическим пассажиром — собакой Лайкой. Вслед за ней в космосе побывали и другие животные и растения. Полученные результаты дали убедительные доказательства реальной возможности полетов людей в космическом пространстве.

Любой организм может жить в сравнительно узком диапазоне условий, которыми обладает лишь биосфера. Поэтому выход живых существ за пределы биосферы, в космос, возможен лишь в искусственно созданной модели биосферы или в искусственной среде, ее заменяющей, — в кабине космических аппаратов.

Для подготовки к полетам человека в космическое пространство в 1960—1961 г. было запущено пять экспериментальных кораблей-спутников. Основной целью запусков второго и третьего кораблей-спутников была отработка систем жизнеобеспечения. На борту кораблей находились собаки вместе с другими животными и биологическими объектами. На четвертом и пятом кораблях-спутниках, кроме собак, в кабине находился манекен космонавта. Это была генеральная репетиция перед полетом человека в космическое пространство.

12 апреля 1961 г. в 09 ч 07 м на корабле «Восток» начал свой исторический полет летчик-космонавт Ю. А. Гагарин. Наступила новая эра — эра космических полетов человека.

Уже первые полеты в космос показали, что человек может приспособиться к ориентации в орбитальном полете и в открытом космосе. Но при этом между органами чувств возникают существенно иные соотношения по сравнению с земными. Главное значение приобретают зрение, тактильные и мы-

шечно-суставные ощущения и меньшее — сигнализация со стороны отолитового прибора. Человек хорошо поддается тренировке, успешно приспосабливается к необычным условиям и, пользуясь достижениями науки и техники, создает для себя подходящие условия, приемлемый микроклимат. Собственно, в свое время аналогичная ситуация была ведь и на Земле: человек был слабо приспособлен к суровой природе, не умел добывать пищу и т. д. Однако в процессе эволюции он использовал свой интеллект для экологического освобождения — постепенно перестал мокнуть под дождем, зябнуть после захода Солнца и быть жертвой голодных хищников. Нет никаких оснований считать, что аналогичная задача не может быть решена и человеком, осваивающим космос, — в особенности в условиях уникального в своем роде научно-технического взрыва, переживаемого человечеством в настоящее время.

По мере развития космической техники и усложнения задач освоения космоса возникает проблема обеспечения длительного пребывания человека в космосе. Длительное пребывание человека, скажем, на околоземной орбите уже само по себе сопряжено со значительными трудностями инженерного, физиологического и психологического порядка. Недостаточно, к примеру, просто поддерживать в помещении, где находится космонавт, приемлемое давление, температуру, влажность и состав воздуха. Необходимо создать такие условия, при которых человек мог бы плодотворно работать и нормально отдыхать. После многочисленных запусков ракет, искусственных спутников и обитаемых космических аппаратов наши знания об околоземном космосе намного расширились. И если сегодня космонавты еще проходят весьма жесткий в физиологическом и психофизиологическом плане контроль в процессе отбора, то завтра в результате развития космической техники критерии отбора будут, может быть, существенно ослаблены.

С этой точки зрения большой интерес представляют медико-биологические исследования, целью которых являются выявление и анализ влияния длительных космических полетов на организм человека. Результаты исследований самым существенным образом влияют на процесс проектирования космических аппаратов, определяют пути развития космической техники. Американские специалисты полагают, например, что если космическая станция с экипажем из 24 человек будет находиться на орбите в течение 5 лет, то в этом случае целесообразно через каждые 90 суток заменять половину экипажа, чтобы обеспечить среднее пребывание на орбите каждого космонавта в течение 6 месяцев. То, что полгода — оптимальный срок — является всего лишь предположением, которое, однако, уже сегодня определяет соответствующий подход к разработке космической техники. Если затем, в процессе ее эксплуатации, выяснится, что менять экипажи следует ча-

ще — техника будет использоваться наилучшим образом. Отсюда ясно, какое огромное значение имеют медико-биологические исследования, проводимые сегодня.

Труд человека в космосе

В процессе практической деятельности человека довольно часто встречаются ситуации, когда некоторые задачи могут быть выполнены человеком как с помощью техники, так и одной лишь техникой. В последнем случае, однако, это подчас ведет к недопустимому усложнению техники. Это вынуждает конструктора искать оптимальное сочетание функций человека и техники в системе, обеспечивающее выполнение поставленной задачи.

Известно, например, что космонавт способен успешно выполнять стыковку в космосе при визуальной ориентации. Об этом свидетельствуют как практика наземного моделирования, так и натурные эксперименты. На расстоянии нескольких метров до цели космонавт может заметить сближение и определить скорость сближения с приемлемой точностью.

Известно также, что возможности современной техники позволяют производить стыковку и автоматически, что и было впервые выполнено еще в октябре 1967 г. (ИСЗ «Космос-186» и «Космос-188»). Тем не менее, мы тренируем космонавтов и готовим их к выполнению операции стыковки. Почему? Да потому что осуществление автоматической стыковки с технической точки зрения является гораздо более сложным, чем ручная стыковка! Это не исключает перспективы преимущественного использования последнего способа в практической работе по освоению ближнего космоса и может быть более рациональным.

Могут встретиться также задачи, которые техникой сегодняшнего дня не могут быть выполнены самостоятельно. Таких задач довольно много сегодня — завтра их будет еще больше. В таких случаях также необходим человек. В будущих полетах могут встретиться задачи, которые вообще заранее неизвестны. Их, естественно, сможет выполнить только человек на борту космического аппарата.

Уже сегодня пилотируемый космический аппарат представляет собой сложную многоконтурную систему, и поэтому космонавты уделяют много времени и сил управлению работой различного оборудования, решению навигационных задач, подготовительным операциям на начальном и конечном участках полета и т. д. Человек не только оператор в системе управления, но и исследователь, участник биологического эксперимента, а в ближайшем будущем — механик, монтажник, сборщик, строитель...

Самые обычные действия в космосе выполнять непривычно,

трудно. Космические условия — прежде всего невесомость — затрудняют действия космонавта, требуют специальной подготовки. Только на выполнение плавного отхода от шлюза без разворотов космонавту А. А. Леонову потребовалось шесть попыток, а для отработки подхода к шлюзу — четыре попытки. Немало труда потратил космонавт и для того, чтобы втащить в шлюз кинокамеру. А в будущем ведь предстоит брать с собой в космос не только кинокамеру, но и научные приборы, приборы для ориентации, передвижения, различного рода инструменты для работы в космосе! Даже самые простые технологические операции, такие, например, как сварка, пайка, закручивание гаек, в условиях космоса будут выполняться совсем не так, как на Земле.

Не менее важна и проблема длительности пребывания в открытом космосе. Космонавты считают, что в настоящее время продолжительность пребывания вне кабины вполне может быть увеличена до восьми часов (сейчас она не превышает четырех часов), но для этого необходимо создать индивидуальную ранцевую систему жизнеобеспечения и скафандр, который позволял бы космонавту, находясь вне кабины, есть и пить. Имеющиеся системы, обеспечивающие вентиляцию и радиосвязь, довольно сложны, громоздки и имеют вес порядка 40—50 кг. Таким образом, трудности деятельности человека в космосе определяются не только спецификой космических условий, но и в значительной мере — несовершенством техники.

Труд космонавта имеет свои особенности. Процесс ручного управления угловым положением корабля, например, с психофизиологической точки зрения существенно отличается от аналогичной работы пилота самолета: самолет сравнительно быстро реагирует на управляющие воздействия, тогда как космический корабль обладает значительной инерционностью. Маневр космического корабля, идущего на стыковку, также существенно отличается от любого маневра самолета.

Вся совокупность воздействий, оказываемых человеком на космический корабль, может быть разделена на две большие группы: регулирующие и управляющие воздействия. Первые имеют своей целью поддержание каких-либо параметров — например, температуры и давления — в определенных пределах. Управляющие же воздействия направлены на выполнение той или иной программы (например, изменение параметров орбиты космического аппарата).

В первых пилотируемых полетах космических аппаратов деятельность космонавтов сводилась в основном к наблюдению и выполнению относительно несложных операций контроля за работой системы управления, ориентации, жизнедеятельности и радиосвязи. Тем не менее уже вторым космонавтом Г. С. Титовым в 1961 г. была впервые опробована систе-

ма ручного управления движением космического аппарата около центра масс. Об этом факте обычно говорят вскользь, особенно сегодня, учитывая современный уровень участия человека в управлении космическим аппаратом. Между тем операции Г. С. Титова в космосе имели принципиальное значение для последующего развития космической техники — ведь была впервые практически исследована эффективность ручной системы управления космическим аппаратом, доказана способность человека обеспечить потребное движение аппарата, его ориентацию. Как вскоре выяснилось, использование этой возможности может стать остро необходимым. Так, в феврале 1962 г. первый американский космонавт Д. Гленн в конце первого орбитального витка в силу неполадок в автоматике был вынужден перейти на ручное управление. Аналогичные неприятности были и у другого американского космонавта С. Карпентера, причем его положение осложнилось еще и тем, что, перейдя на ручное управление, он не выключил автоматику.

Следующий этап начался полетами пилотируемых космических аппаратов типа «Восход» и «Джемини» (первый полет советского космического корабля «Восход» с тремя космонавтами — октябрь 1964 г. Первый полет американского космического корабля «Джемини» с двумя космонавтами — март 1965 г.). На этом этапе продолжали усложняться не только космические аппараты, но и системы наземного обеспечения. Участие человека в управлении стало всеобъемлющим, начался процесс специализации космонавтов, человек, снабженный автономной системой жизнеобеспечения, впервые вышел в открытый космос (А. А. Леонов, март 1965 г., космический корабль «Восход-2»). Резко возрастает функциональная нагрузка космонавтов. Например, космической программой «Джемини» космонавтам было запланировано более 100 различного рода экспериментов, 80% которых были успешно выполнены. Максимальное число отличных один от другого экспериментов подчас достигало 20, время космонавтов было расписано по минутам, каждый из них выполнял весьма сложные и разнообразные функции.

Данных, которые необходимы космонавту для успешного выполнения задания, очень много. Эти данные поступают с Земли, из космического пространства и от различных систем космического аппарата. Такая информация весьма разнообразна и требует большой подготовленности космонавта в самых различных областях. Современный космонавт должен быть разносторонним специалистом — подобно тому, как создатели первых самолетов были конструкторами, летчиками и мотористами одновременно. Существенно также и то, что космонавт взаимодействует, собственно, не с реальной обстановкой, а с ее информационной моделью, даваемой системой индикации. Необходимо, следовательно, создавать такие ин-

формационные системы, которые бы обеспечивали максимальную эффективность приема информации. Здесь у конструкторов космической техники и психологов еще много нерешенных задач.

Второй важной проблемой является необходимость весьма быстрой переработки данных космонавтом и принятия решений в сложных ситуациях. Здесь, естественно, существуют определенные пределы. Недостаточность быстроты психофизиологических реакций человека стала сказываться еще при управлении реактивными самолетами. Уже при скорости полета, вдвое превышающей звуковую, перед самолетом появляется «слепое» расстояние (примерно равное 100 м), которое не воспринимается летчиком. Опыт показывает, что для оценки ситуации в полете на реактивном самолете требуется приблизительно 1,5—2 сек. За это время околоземный космический корабль пролетит 13—16 км. Временной дефицит будет особенно чувствоваться при сближении с каким-нибудь небесным телом. Здесь человеку должна помочь автоматика, которая позволяет увеличить скорость реакции системы управления на изменение обстановки в десятки и сотни раз. Правда, это пока лишь программированная переработка информации; «сообразительности» и «находчивости» ждать здесь нельзя, они по-прежнему остаются прерогативой человека.

Не менее важной задачей является выполнение космонавтом принятого решения и слежение за реакцией техники. Опыт, полученный в процессе космических полетов, показал, что космонавт весьма пластичен в роли исполнителя команд и может выполнять самые разнообразные действия. Однако никогда не следует забывать, что человек подвержен усталости, скуке, а в исключительных случаях — страху, растерянности, панике. Здесь ему на помощь должны прийти автоматические системы.

Человек хорошо приспосабливается к управлению — адаптация путем тренировок реакций на заранее известные факторы практически неограничена. Огромное значение имеет здесь совершенство техники, ее соответствие особенностям человека. Еще в последней четверти XIX в. отечественные ученые Д. И. Менделеев и Н. А. Арендт отмечали, что, создавая летательный аппарат, конструктор должен думать и о человеке, который будет им управлять, — необходимо создавать аппарат, «доступный для всех и уютный». В 30-х годах XX в. в СССР в области авиационной техники были проведены первые исследования инженерно-психологического характера. Советские исследователи Н. В. Зимкин и Н. А. Эпле впервые поставили задачу изучения восприятия показаний авиационных приборов. Была, в частности, выявлена зависимость скорости и точности чтения приборов от величины и формы циферблата, от величины делений и формы стрелок.

С усложнением техники проблема все более и более обостряется. Возникает задача согласования конструкции машины с рабочими характеристиками человека. Эта проблема становится первоочередной в случае космической техники.

Предстоит также преодолеть немало трудностей, прежде чем самые простые инструменты и приборы станут нормально работать в космических условиях. Известно, например, что по возвращении в лунную кабину у экипажа космического корабля «Аполлон-12» разорвался из-за большого перепада температур мешок с лунной пылью и грунтом; вследствие уменьшения силы тяжести отказал лептопротяжный механизм фотокамеры; щипцы не позволяли захватывать крупные образцы грунта; панель для измерения скорости солнечного ветра при свертывании вследствие большого перепада температур получила ряд разрывов и ее с трудом удалось уложить в мешок для хранения, и т. д. Поэтому после каждого полета специалисты тщательно изучают выявленные недостатки техники и затем совершенствуют ее.

Несколько слов о надежности космической техники. Надежность является основным требованием в случае присутствия человека на борту космического аппарата. Несмотря на то, что современные методы обеспечения надежности достаточно развиты, включение человека в систему существенно усложняет проблему. Возникает следующий основной вопрос: обеспечивает ли присутствие человека, его активные действия повышение надежности и безопасности полета? На этот вопрос можно ответить так: да — при определенных условиях.

Американский космонавт Д. Гленн подчеркивал в своих отчетах после полета, что во многих случаях безопасность человека на космическом корабле прямо зависит от его действий. Даже там, где необходимы автоматические системы, благодаря присутствию человека надежность их работы значительно повышается. Полет Д. Гленна на космическом корабле «Меркурий» служит хорошим тому примером. Корабль в связи с отказом автоматической системы возвращения мог не вернуться на Землю, если бы на его борту не было человека.

Американскими исследователями было проведено сравнение надежности работы бортовых систем космических кораблей, полностью автоматизированных (с двухкратным, трехкратным, четырех- и пятикратным дублированием), а также систем, включающих оператора. Вначале работа всех систем была одинаковой. Но уже на четвертый день имитированного полета начался разнобой. К концу 14-го дня полета работоспособность систем с двукратным, трехкратным и четырехкратным дублированием не могла считаться удовлетворительной, а система с пятикратным дублированием не была достаточно высокой. За это же время надежность работы системы, включавшей космонавта, оказалась выше, чем у других си-

стем. К тому же и вес ее был меньше веса последних, что для космической техники с ее жесткими весовыми лимитами весьма существенно.

Что мы имеем в виду, говоря, что человек способен повышать надежность системы «при определенных условиях»? Имеется в виду комфорт, оптимальная продолжительность работы и отдыха, разнообразие ситуаций и т. д. Нельзя сказать, чтобы в этом плане все было уже ясно, особенно если речь идет о длительных космических полетах. Но кое-что уже известно. Изучается, например, проблема готовности к действию, которая служит весьма важным фактором надежности в системах «человек — машина». Как долго космонавт, несущий вахту, может находиться в состоянии достаточной готовности к действию? Или, иными словами, когда у него разовьется утомление, которое может отразиться на качестве его деятельности? В настоящее время с полной определенностью ответить на этот вопрос невозможно. Однако, используя данные, накопленные физиологией и психологией труда, ученые уже сегодня ищут пути к определению оптимального времени несения вахты в космическом полете.

Для обеспечения надежности и безопасности необходимо рациональное сочетание возможностей человека и машины. Это возможно только в том случае, если уже при проектировании космического корабля будут в комплексе учитываться психофизиологические свойства оператора и технические характеристики машины. Одним из современных средств качественного изменения характеристик технической системы, ее возможностей является включение в ее состав вычислительной техники.

Человек и ЭВМ в космосе

История применения ЭВМ на летательных аппаратах уже насчитывает более двух десятков лет. Начиная с конца 40-х годов, разрабатываются ЭВМ, предназначенные для использования на борту летательных аппаратов. Первые ЭВМ устанавливались на военных самолетах и решали ограниченный круг задач. В дальнейшем возможности таких машин расширились, и их стали устанавливать на ракетах и космических аппаратах.

С какой целью устанавливаются ЭВМ на космических аппаратах? Использование ЭВМ позволяет объединить электронное и радиотехническое оборудование космического аппарата в единый комплекс для централизованного решения различных задач. При этом повышается автоматизация навигации и управления космического аппарата, точность навигации, на-

дежность, уменьшаются размеры и вес бортовой аппаратуры и время при подготовке запуска. В целом использование ЭВМ повышает эффективность космического корабля.

К основным функциям ЭВМ на космическом корабле относятся навигация, управление полетом и возвращением, индикация, управление двигателем корабля, а также контроль систем и выявление причин аварий. Следует особо отметить две последние операции.

Использование ЭВМ для управления работой двигателей является весьма перспективным, так как ЭВМ быстро принимает правильные решения в критические моменты, а это существенно повышает безопасность. ЭВМ программируется на выполнение тех же операций, которые может выполнить и космонавт, но действует во много раз быстрее, оставляя за экипажем право утвердить или запретить выполнение того или иного решения.

Автоматическое обнаружение неисправностей поможет сократить время поиска неисправностей, поможет быстро и точно определить объем и вид работ, необходимых для эффективного устранения неисправностей в космосе.

Каковы же возможности ЭВМ на космическом аппарате?

Прежде всего о навигации и управлении. В настоящее время бортовые ЭВМ (цифровые) используются преимущественно в авиационных навигационных системах. В космосе для них пока мало «интересной» работы, за исключением маневров во время встречи в космосе, а также некоторых задач полета на Луну. Современные навигационные системы могут автоматически вычислять текущее местоположение космического аппарата по данным автономной навигационной системы и средств коррекции, имеющихся на космическом аппарате. Они могут рассчитать заданную траекторию, оставшееся расстояние, время полета до любого заданного промежуточного пункта, заданное время пребывания в контрольном пункте или пункте назначения. Известно, например, что когда в ноябре 1968 г. спускаемый аппарат станции «Зонд-6» вошел в плотные слои атмосферы, необходимая программа дальнейшего полета-спуска была выбрана с помощью бортовой вычислительной машины. Навигационные системы обеспечивают данные для систем индикации, а также необходимые сигналы для функционирования систем управления.

Несколько слов о тенденциях развития систем индикации. Усложнение космических аппаратов и задач, выполняемых ими, требует существенного улучшения систем индикации. Можно выделить два основных направления развития индикаторов, специально предназначенных для работы экипажа с вычислительной техникой: автоматические картографические индикаторы, в которых необходимо навигационные данные с микропленки проецировать на экран в виде карты, схемы или

чертежа; многофункциональные электронные индикаторы, которые могут, в частности, индцировать данные, поступающие с электронных приборов, радиолокаторов и т. д.

ЭВМ может также обеспечивать самоконтроль и помощь экипажу в контроле за всеми бортовыми системами и бортовыми приборами. Для экипажа космического аппарата очень важно, чтобы на все вопросы, касающиеся полета, были получены быстрые ответы — для того, чтобы можно было принять наилучшее решение в критической ситуации. Безопасность увеличивают следующие мероприятия: автоматизация управления, автоматизированное получение, передача и переработка информации, автоматический сбор и обработка информации о работе космонавта, автоматический контроль работы систем и прогнозирование отказов. Все эти мероприятия невозможны без вычислительной техники.

В ряде случаев ЭВМ могут не только помочь человеку, но и заменить его полностью при выполнении тех или иных задач полета. Широко известны примеры использования ЭВМ в процессе прогноза погоды (на основе использования данных, получаемых со спутников). Менее известны весьма любопытные примеры использования ЭВМ при фотографировании из космоса. Например, для увеличения четкости деталей на полученных снимках определяется яркость отдельных точек на снимке (примерно 40 000 точек на одном снимке). Соответствующий цифровой код записывается на магнитную ленту и обрабатывается на вычислительной машине. В результате удается обеспечить большую четкость деталей и большую контрастность между участками, освещенными Солнцем и находящимися в тени. Удастся также частично устранить влияние электронных шумов, наложившихся при передаче снимков с борта космического аппарата на Землю (речь, в частности, идет об обработке снимков Марса).

Возникает вопрос о соотношении, оптимальном распределении функций между ЭВМ и космонавтом. В случае жестко запрограммированного полета ЭВМ, вообще говоря, может полностью заменить космонавта в процессе управления космическим аппаратом. В случае нежесткой программы такая замена нецелесообразна — ЭВМ должна в этом случае вырабатывать информацию в наиболее удобной для космонавта форме, а также обеспечивать контроль за характеристиками всех систем и немедленно сигнализировать о появившихся неисправностях. Самое большое преимущество — возможность выбора космонавтом информации по желанию. Например, на навигационном индикаторе космического аппарата могут воспроизводиться не только текущие значения местоположения, но и другие данные в наиболее наглядной форме, по которым можно судить о возникшей ситуации. Возможность воспроизведения только нужной в данный момент информации и связанное с

этим сокращение числа приборов упрощает и увеличивает надежность системы «человек — машина» в космосе.

В настоящее время за рубежом разработаны бортовые ЭВМ, предназначенные для использования на космических аппаратах. Непрерывно появляются все новые и новые машины, предназначенные для самого различного использования на летательных аппаратах. Это объясняется стремлением частных фирм получить выгодные заказы, а также тем, что при разработке сложных комплексов вооружения и космических объектов (в США, например, имеется большое число военных и космических программ) специально создаются бортовые ЭВМ, предназначенные для решения конкретных задач.

Специализация ЭВМ потребует наличия на космическом аппарате нескольких вычислителей. При этом стоимость аппаратуры повышается, отдельные ЭВМ с трудом сопрягаются между собой, затрудняется автоматический самоконтроль. Преимуществом специализации является повышение надежности систем.

Более перспективными считаются, однако, системы, в которых все задачи решаются одной центральной ЭВМ. В таком случае существенно снижается общее число устройств за счет использования временного разделения, облегчается режим самопроверки всей системы, упрощаются работа индикаторов, запись и анализ данных. Недостатком является необходимость многократно резервировать подсистемы, от которых непосредственно зависит безопасность полета.

Современные ЭВМ общего назначения уже удовлетворяют требованиям центрального вычислителя, их стоимость снижается. Это машины на твердых интегральных схемах, обладающие высокой надежностью, быстродействием, гибкостью программирования, большой емкостью запоминающих устройств и хорошей точностью.

Вес и объем ЭВМ непрерывно уменьшаются. Вес машин 1949—1955 гг. составлял 140—200 кг, а объем — 160—240 дм³. Вес большинства современных машин, предназначенных для использования на борту летательных аппаратов, составляет 5—20 кг, а объем 5—30 дм³. Особенностью конструкции вычислительной техники последних лет является модульное исполнение, что позволяет с помощью замены модулей сравнительно легко устранять возникшие неисправности и наращиванием блоков приспособлять бортовые ЭВМ для решения различных задач. Перспективы развития таковы, что бортовые ЭВМ будут хорошим помощником человеку в освоении космоса.

Робот в космосе — фантазия или реальность?

Немногим более 14 лет назад в космос был выведен первый спутник, а сегодня десятки искусственных спутников выполняют различные исследования в космосе, ретранслируют радио- и телепередачи, ведут метеорологические наблюдения. Автоматы, созданные человеком, приступили и к систематическим исследованиям ближнего и дальнего космоса. Они отправляются к Луне, Венере, Марсу, изучают характеристики межпланетной среды, окрестности небесных тел, их поверхность.

В настоящее время космические автоматы выполняют уже весьма сложные задачи. Недавно на поверхность Луны совершила посадку автоматическая станция Луна-16. Затем с помощью ракеты, стартовавшей с поверхности Луны, был доставлен на Землю лунный грунт. На Луне почти год действовала первая в мире подвижная научная лаборатория — «Луноход-1». В будущем, возможно, телеуправляемые луноходы смогут собирать образцы лунных минералов и свозить их на сборный пункт, буксировать и перевозить на своем борту оборудование и аппаратуру в различные районы лунной поверхности, заглянуть, может быть, на невидимую сторону Луны. Ученые и конструкторы подумывают о создании комплексной автоматической научной станции для обследования объектов Солнечной системы. Поговаривают о космических роботах-исследователях...

Употребляя слово «робот», мы, разумеется, имеем в виду нечто вполне определенное, но не все — одно и то же. Одни называют роботом часть системы «человек — машина», которая предназначена для выполнения (в известной мере самостоятельного) строго определенных, достаточно простых функций. При этом, как правило, предполагается, что робот не содержит в себе биологических компонентов. Другие считают, что робот — это искусственно созданная система, возможно, с биологическими компонентами, предназначенная для выполнения сложных, но запрограммированных функций и полностью контролируемая человеком. Наконец, третьи полагают, что робот — это система, не обязательно созданная человеком, возможно, полностью биологическая, у которой нет специализированных функций, но которая действует так, что существует некий предел, некоторое ограничение ее действий, заранее задаваемое человеком. Заметим, кстати, что в фантастических произведениях «острота» ситуации нередко основана на том, что функция поведения робота оказывается почему-либо ничем не ограниченной.

Так или иначе все три толкования слова «робот» представляются одинаково правомерными, ибо это понятие развивает-

ся значительно быстрее, чем соответствующие технические, технико-биологические и биологические реализации. Надо только уточнить каждый раз, что конкретно имеется в виду. Будем далее использовать слово «робот» преимущественно в первом значении.

Какими «способностями» должен обладать такой робот, чтобы выполнить поставленную перед ним задачу? Цель его работы определяет, естественно, человек — больше это делать просто некому.

Во-первых, робот должен уметь дифференцировать информацию по степени важности, принимая во внимание все ценное и отбрасывая несущественное. Далее, он должен преобразовывать полученные сведения, приводить их к виду, удобному для дальнейшей переработки, хранения и передачи на Землю; оптимизировать свое поведение так, чтобы количество собираемых данных увеличивалось.

Простейший приемник информации, устанавливаемый на современных космических аппаратах, — обычный прибор, скажем, счетчик космических частиц. Отбор нужной информации здесь делается элементарно: счетчик регистрирует только частицы определенного типа, а все остальное не принимает в расчет.

Как оптимизировать поведение? Вообще, в чем оно заключается? Прежде всего это ориентация в пространстве. Если взять робота-исследователя, управляемого человеком, то здесь основа для ориентации — «видение», зрение в оптической части спектра: ведь более 90% информации, поступающей в мозг человека, воспринимается глазами. И у нас нет оснований для пересмотра этого выбора природы.

Естественно поэтому, что огромное внимание уделяется сейчас моделированию зрения с помощью технических средств. Тут есть определенные успехи: разрабатывается кибернетическая модель глаза, успешно моделируются отдельные функции его (реакция на свет, определение глубины пространства, положения в пространстве и т. д.).

В США, например, исследуется с целью моделирования глаз лягушки. Он выбран не случайно: лягушка ухитряется не видеть того, чего ей видеть не требуется. Ценная же информация, — скажем, сигнал об опасности — немедленно улавливается и передается в мозг. Можно надеяться, что высокосоввершенные приемники информации для космических автоматов, их «глаза», будут созданы в ближайшем будущем.

Следующая, в общем-то главная, проблема — переработка роботом информации, необходимой для его рационального поведения. Это прежде всего проблема «узнавания», установления сходства. Сейчас работы по созданию кибернетических систем, способных распознавать образы, идут широким фран-

том. Именно здесь специалисты ожидают в скором времени важных практических результатов.

Еще одно качество, которым должен обладать робот, — целесообразность поведения. В современных кибернетических устройствах какой бы то ни было внутренней целесообразности нет. У животных она проявляется в виде инстинктов, обеспечивающих им гибкое взаимодействие с внешней средой и большие возможности для регулирования внутренних функций. Грубо говоря, первичная система связей в организме — гуморальный контроль и вегетативная нервная система — обеспечивает внутреннее равновесие и выполнение основных функций жизнедеятельности, а вторичная система связей служит для взаимодействия организма с окружающим миром. Если бы удалось построить машину с двумя такими системами связей, эта машина, по мнению специалистов, могла бы целенаправленно отбирать и обрабатывать информацию в соответствии с поставленной перед ней задачей. В частности, чтобы повысить надежность автомата и придать ему свойство самовосстановления, предлагается моделировать ощущение боли и инстинкт самосохранения.

Колоссальное быстроедействие и значительная память современных вычислительных машин дают им возможность гораздо лучше человека справиться с такими задачами, которые требуют большой вычислительной работы или связаны с полным перебором всех возможных вариантов. Но круг подобных задач весьма ограничен. За его пределами машина уступает человеку. Самой быстроедействующей ЭВМ не под силу просмотреть все возможные варианты шахматной партии на несколько шагов вперед. Для того, чтобы машины научились распознавать образы и решать задачи, которые мы называем интеллектуальными, необходимо разработать совершенно новые принципы программирования, возможно, по образцу человеческого мозга.

Сегодня не существует еще теории решения интеллектуальных задач. Человек их решает, по-видимому, с помощью какого-то сложного механизма, который расчленяет задачу на ряд подзадач, находит необходимую информацию в сложной системе памяти, отбирает приемлемые методы, выбирает стратегию, разрабатывает планы и постоянно пересматривает построенную структуру. Об устройстве системы памяти известно очень мало.

Тем не менее, чтобы прийти к воспроизведению мыслительных процессов с помощью искусственных средств, не следует, конечно, ждать того момента, когда будут познаны все закономерности работы мозга. Нужно продвигаться вперед, где это возможно. Используя самые различные соображения, следует создавать программы, воспроизводящие некоторые

способности человека и совершенствовать их в процессе работы.

И, наконец, о создании искусственного мозга. Дело это не очень близкого будущего, ведь речь идет о моделировании необычайно сложной системы. Человеческий мозг содержит более 14 миллиардов нервных клеток и почти триллион связывающих волокон, заключенных в объеме всего в $2,5 \text{ дм}^3$, почти вся масса нервных клеток в мозге располагается в виде поверхностных слоев или небольших ядер, а основной объем мозга используется для проведения многочисленных связей между элементами. Соответственно и создание робота-исследователя, самостоятельно (хотя бы и по заданной программе) работающего в космосе, — дело не слишком близкого будущего.

Как же быть? Есть выход из создавшегося положения, по которому, собственно, на наших глазах уже пошло развитие космической автоматики — частичная автономность системы, включение в нее человека. «Луноход-1», например, фактически представляет собой систему «человек — машина», два основных компонента которой разделены расстоянием в 400 тыс. км.

Каким образом оптимально распределить обязанности между человеком, находящимся на Земле (или, скажем, в ближнем космосе), и автоматом, работающем в условиях, в которых пребывание человека опасно или невозможно? Для решения задачи целесообразно прежде всего выделить то, в чем машина превосходит человека. Во-первых, машина превосходит человека в скорости ответа на сигнал, в скорости реакции; во-вторых, в способности выполнять повторные, стереотипные действия; в-третьих, она превосходит человека способностью применять плавно и точно большую силу; в-четвертых, умением хранить информацию в сжатой форме и полностью освобождать свою память от ненужной информации. Далее, она превосходит человека скоростью расчетов, способностью выполнять одновременно несколько различных функций. Машина превосходит человека также по целому ряду физических качеств (что, собственно, и позволяет ее использовать в жестких космических условиях). Она малочувствительна к среде и ее колебаниям, может передавать информацию по каналам с пущей пропускной способностью. Она не подвержена неблагоприятному воздействию субъективных качеств, что свойственно человеку. Все это надо учесть при определении круга задач, выполняемых частично автономной машиной в космосе.

В печати уже отмечались трудности, с которыми столкнулись инженеры и ученые при организации оптимального взаимодействия «Лунохода-1» и оператора, управляющего его движением на расстоянии. Выше отмечались также трудности взаимодействия космонавтов с техникой в космосе. А ведь это

только начало развития! Здесь еще предстоит определить принципы оптимальных систем представления информации человеку-оператору, создать оптимальные органы управления, разработать методы и технику обучения космических операторов, средства контроля за их состоянием во время работы и так далее.

Огромное значение при решении этих проблем будет иметь и сам характер задач, выполняемых машиной в космосе. Как, например, оптимальным образом организовать путешествие автомата по невидимой стороне Луны, по поверхности Марса? Как с помощью автомата сменить источники питания на спутнике? В каждом случае — свои специфические трудности.

Сейчас возможности «неживых» устройств, предназначенных для работы в космосе, весьма велики, а их преимущества бесспорны. Что касается будущего, то даже самая смелая фантазия, обогащенная земным опытом, не в состоянии предвосхитить те перспективы, которые откроются с развитием автономной космической техники.

Усложнение космической техники и проблема автоматизации

Если всесторонне сопоставить две космические системы — обычный спутник и орбитальную станцию, — то вполне может получиться, что общность между ними исчерпывается общностью законов механики, определяющих идентичность их движения по орбите.

Успех первого эксперимента в космосе считался достигнутым, если спутник выходил на околоземную орбиту и при этом была обеспечена односторонняя радиосвязь «спутник — Земля».

Уже в случае околоземного пилотируемого полета все существенно усложняется. Начиная с момента взлета ракеты-носителя на Земле ведутся радиотехнические измерения траектории ее полета. Счетно-решающие устройства обрабатывают получаемые данные — они осредняют данные, привязывают их к астрономическому времени и автоматически выдают их по информационным каналам в координационно-вычислительный центр. Там информация обрабатывается на ЭВМ. Вышел ли корабль на орбиту? Каковы ее параметры? Существом ли они отличаются от расчетных? Какова скорость корабля? Чтобы исключить ошибки, обработка информации ведется на нескольких ЭВМ одновременно по различной методике. За всем, что делается на корабле — за работой его систем и устройств, за состоянием экипажа — следят десятки приборов-датчиков. Они фиксируют каждое отклонение от

нормы, изменение состояния космонавта, частоту его пульса, дыхания, температуру, давление и влажность воздуха в кабине. Все подобные сведения также передаются на Землю и собираются воедино в Центре управления полетом. Приборы-датчики сообщают также об исправности и готовности к действию отдельных агрегатов, систем управления и ориентации, тормозных устройств и т. д. Для облегчения слежения за полетом, фиксации и обработки данных, а также для наглядного контроля в помещении пункта управления на многочисленных телеэкранах воспроизводятся наиболее важные результаты расчетов. На световых табло приводятся также данные изменения параметров орбиты.

Ракета-носитель, космический корабль, средства обслуживания, связи и слежения, самое различное оборудование не выполняют своих программ без опытных специалистов, до мелочей познавших тонкости своей работы, — стартовиков и заправщиков, телеметристов и связистов, операторов подъемников и испытателей, водителей транспортных средств. Трудно перечислить всех, кто необходим в этом сложнейшем комплексе. Орбитальные станции будущего представляют собой систему, неизмеримо более сложную по сравнению с рассмотренной. Ее эксплуатационный комплекс может состоять из собственно космической станции с экипажем, комплекса материально-технического снабжения, в который входят транспортные космические корабли, ракеты-носители, многочисленные службы наземного обеспечения и т. д. По существу, на орбите будут функционировать целые «институты» ученых и инженеров различных специальностей, в комплексе выполняющих исследования. Ясно, что проблема создания орбитальной станции требует гораздо большей, чем прежде, подготовительной работы.

Одной из первых «репетиций» функционирования такой сложной системы, важным этапом изучения ее свойств был групповой полет космических кораблей «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» с семеркой космонавтов на борту в октябре 1969 г. «По существу, — говорил в этой связи академик Б. Н. Петров, — была создана и функционировала большая система, состоявшая из трех пилотируемых космических кораблей, наземного командно-измерительного комплекса... и спутников связи «Молния-1». В системе функционировали средства переработки информации, управляющие устройства, космонавты и группы управления полетом».

Какие системы специалисты называют «большими»? Такие, для которых характерен сложный уровень организации и сложные взаимосвязи, причем свойства системы в целом не сводятся к простой сумме свойств ее частей. Несмотря на значительные успехи общей теории больших систем, о специфических закономерностях работы каждой такой системы известно пока довольно мало. Подход, основанный на использова-

нии готовых схем и получении готовых ответов на все вопросы, в данном случае непригоден.

Невозможно, например, заранее предсказать, будет ли лучше в процессе общего взаимодействия космических аппаратов, если какие-то функции управления осуществлять по командам с Земли, автоматически или вручную. В мировой прессе можно встретить по этому поводу самые различные мнения: одни специалисты целиком стоят за «автономию» космического экипажа, другие, напротив, требуют полной автоматизации, жесткого программирования и подчинения экипажа Земле. И у тех, и у других есть достаточно веские аргументы.

Где же истина? Сегодня основным подходом, позволяющим организовать эффективное управление сложной системой, является так называемый эвристический подход. С содержательной точки зрения эвристический подход представляет собой набор правил конструирования, организации, сравнения и отбора вариантов возможных решений; правила формируются в процессе практических экспериментов с реальной большой системой, либо с ее моделями различной степени натурности. Именно поэтому проводятся эксперименты, связанные с исследованием управляемости космических систем.

Следует также обратить внимание на следующее обстоятельство. Как известно, во время экспериментов в космосе, несмотря на достаточно детальное программирование, экипаж космического корабля до некоторой степени самостоятелен в принятии решений. Такая ситуация не только является естественной для любой большой системы, но это качество необходимо для ее нормального функционирования. Для повышения эффективности управления большой системой также необходимо, чтобы система управления непрерывно осуществляла просмотр больших групп элементов системы, уменьшала многообразие ее состояний, отбрасывая при каждом просмотре неприемлемые варианты поведения, исключая информационную избыточность, увеличивая гибкость средств и методов управления. Следовательно, в большой системе для эффективного управления необходимы механизмы как прямого, централизованного, так и децентрализованного управления, посредством которого исключается значительная часть многообразия состояний системы. И, естественно, возникает проблема определения оптимальной степени децентрализации управления. Эта проблема также решается в процессе экспериментов со сложными наземно-космическими системами.

Во время рейса космического корабля «Союз-11» и орбитальной станции «Салют» мы видели многие элементы работы большой системы, апробированной в предыдущих полетах. На орбите находились два космических объекта, с которыми поддерживали связь командно-измерительные пункты и научно-исследовательские суда. В рамках такой системы реша-

лись задачи поиска, сближения и стыковки космического корабля с орбитальной научной станцией. Причем вновь и вновь отрабатывались и ручная, и автоматическая системы управления. Но теперь уже такая отработка была не просто экспериментом, в котором проверялись определенные принципы космической навигации, определенные принципы функционирования большой системы. Она преследовала определенную практическую цель — доставить экипаж на борт орбитальной станции. Как мы знаем, эта цель была успешно достигнута.

Человек и техника в ближнем космосе

Сегодня к космическим полетам уже привыкли. Действительно, после создания экспериментальной и первой пилотируемой орбитальных станций, группового полета трех кораблей «Союз», фотографий Марса, полученных с помощью автоматических станций, прямого исследования атмосферы Венеры и прогулок космонавтов по Луне кажется, что уже нет такой задачи в освоении космоса, которая могла бы целиком захватить воображение. Что касается ближнего космоса, то он становится местом многообразной практической деятельности человека, местом обживания и одновременно трамплином в дальний космос.

К. Э. Циолковский еще 60 лет назад писал: «Решим сначала легчайшую задачу: устроить эфирное поселение поблизости от Земли в качестве ее спутника на расстоянии 1—2 тыс. км от ее поверхности». Характерно, что сегодня необходимость предварительного освоения ближнего космоса признается не только у нас в стране, но и за рубежом. В зарубежной печати последних лет неоднократно отмечалось, что в США заканчивается этап развития космонавтики ради престижа и начинается период серьезного исследования и освоения космоса.

Соединенные Штаты предложили европейским странам принять участие в разработке и финансировании следующей за «Аполлоном» космической программы США. Основными ее элементами являются создание орбитальной станции и космической транспортной системы, в которую войдут транспортные, буксирные космические корабли и лунный буксир. Транспортный космический корабль, стоимость разработки которого оценивается в 6 млрд. долларов, намечается ввести в эксплуатацию в 1977 г. Этот космический корабль конструктивно будет напоминать собой двухступенчатый самолет, который сможет выполнять как грузовые, так и пассажирские перевозки с перегрузками, не превышающими 3g. Предполагается, что с по-

мощью транспортного космического корабля удастся снизить стоимость доставляемого на орбиту 1 кг полезной нагрузки с 1000 долларов (в настоящее время) до 100 и даже до 60 долларов.

Буксирный космический корабль может быть использован для перевозки космонавтов и грузов на околоземных орбитах, доставки полезной нагрузки с околоземных орбит на окололунные, перемещения полезной нагрузки на окололунных орбитах и доставки ее на поверхность Луны. Предусматривается создание буксирных космических кораблей нескольких типов на основе стандартных отсеков. Отсеки будут выводиться на орбиту транспортным космическим кораблем. Первые эксплуатационные полеты буксирных космических кораблей планируются на 1980—1982 гг.

Все научные и технические задачи, которые будут решаться в ближнем космосе, можно условно разбить на три основные группы.

К первой группе отнесем такие задачи, при выполнении которых взоры человека, находящегося в космосе, будут направлены в сторону Земли. Имеются прежде всего в виду исследования, связанные непосредственно с Землей и ее атмосферой, то есть геофизические и метеорологические наблюдения, глобальная радио- и телесвязь, морская и воздушная навигация и т. д. Естественно, что некоторые из этих исследований могут проводиться и с помощью наземных средств или исследовательских ракет и спутников с автоматической аппаратурой. В некоторых случаях точные измерения, проводимые в космосе, будут значительно дешевле, чем такие же измерения, проводимые наземными средствами. Да и точность измерений повысится. В космосе могут быть выполнены и такие технические задачи или исследовательские эксперименты, которые совершенно недоступны другим наземным средствам или исследовательским ракетам, запускаемым с Земли.

Вторую группу задач свяжем с использованием специфических условий космоса — глубоким вакуумом, высокой прозрачностью окружающей среды, невесомостью, интенсивной солнечной и космической радиацией. Воссоздание таких факторов на Земле даже по отдельности довольно сложно, а некоторых из них, например, постоянной динамической невесомости, — просто невозможно. В ближнем космосе доступен весь комплекс таких факторов. Предполагается, например, что с помощью орбитальной станции удастся провести исследование многих прогрессивных технологических процессов: плавки и сварки электронным лучом, экзотермической пайки, экзотермической отливки композитных материалов, получение сферических заготовок и т. д.

К третьей группе могут быть отнесены задачи, которые решает околоземная космическая техника, выступая в роли

средства научных исследований, а также связующего звена между Землей и другими планетами. «Движение вокруг Земли снарядов, — писал К. Э. Циолковский, — со всеми приспособлениями для существования разумных существ может служить базой для дальнейшего распространения человечества». Это были не рассуждения мечтателя-фантаста, а глубокий расчет ученого-теоретика. Двигаясь по околоземным орбитам, космическая техника сможет облегчить решение сложных проблем полета космических кораблей-путешественников и подготовки экипажей для полетов на другие планеты Солнечной системы. Околоземные орбиты станут местом сборки и монтажа больших «звездолетов», здесь будут заправляться топливом и межпланетные ракеты дальнего следования. Околоземная техника станет удобным космодромом.

Все подобные задачи определяют весьма специфические требования к околоземной космической технике — она должна быть универсальной, предназначенной для жизни и работы человека в течение длительного времени. Каковы основные научно-технические проблемы, которые предстоит решить в процессе освоения ближнего космоса?

Во-первых, это проблема атмосферно-космического транспорта. Успешное функционирование околоземной космической техники требует уничтожения разрыва, который создается в настоящее время между скоростями полета 3000—3200 км/ч, на которых совершают длительные полеты современные самолеты, и скоростями длительных полетов спутников на низких круговых орбитах (28 000 км/ч), а также разрыва между высотами полетов самолетов (примерно 25 км) и высотами полетов пилотируемых космических аппаратов около 200 км. Завоевание этих диапазонов высот и скоростей связано с развитием по крайней мере трех классов весьма специфических летательных аппаратов:

маршевые гиперзвуковые самолеты, на которых возможен длительный полет с работающим двигателем на установившейся скорости и высоте;

гиперзвуковые самолеты-разгонщики, не приспособленные к длительным полетам на гиперзвуковых скоростях; основной режим полета таких самолетов — непрерывный разгон за счет работающего двигателя до заданной предельной величины скорости;

орбитальные самолеты, выводимые с орбитальными скоростями или близкими к ним с помощью ракет-носителей или самолетов-разгонщиков.

Во-вторых, имеется комплекс научно-технических проблем, связанных с адаптацией космической техники к человеку в ближнем космосе. Здесь критерий успеха — практика и еще раз практика.

Одной из важнейших является также проблема реадапта-

ции человека к земным условиям после возвращения из космоса.

Ну, а что же дальний космос? Что здесь ожидает человека? О некоторых научно-технических проблемах освоения дальнего космоса рассказывается в следующем, заключительном, разделе брошюры.

Человек и техника в дальнем космосе

В настоящее время космическая техника обеспечила определенные успехи и в исследовании дальнего космоса. В пределах Солнечной системы ученые считают наиболее интересными планетами Марс и Венеру. Первым космическим аппаратом, пролетевшим 19—20 мая 1961 г. на расстоянии приблизительно 100 тыс. км от Венеры, была советская автоматическая станция «Венера-1». К 1971 г. включительно было запущено семь автоматических станций «Венера». Межпланетные станции «Венера-4», «Венера-5» и «Венера-6» совершили плавный спуск в атмосфере Венеры. «Венера-7» осуществила мягкую посадку на поверхность планеты.

Из трех запусков американских космических аппаратов «Маринер» в сторону Венеры два были успешными, при этом космические аппараты совершили полеты около Венеры на расстоянии приблизительно 35 тыс. км и 3,97 тыс. км.

Условия на поверхности Венеры (давление до 100 ат, температура около 480°C) требуют специальных мер защиты космических аппаратов и их приборов. Известно, например, что во время снижения в атмосфере Венеры спускаемых аппаратов советских межпланетных станций «Венера-5» и «Венера-6» температура внутри спускаемых аппаратов изменялась незначительно: с 13°C, в начале участка снижения до 28°C в конце его. Это свидетельствует о надежной работе как внешнего теплозащитного покрытия, предохраняющего аппарат от кратковременных, но чрезвычайно высоких тепловых потоков, возникающих при аэродинамическом торможении, так и о надежной работе внутреннего слоя теплоизоляции, который предохранял аппарат от нагревания в атмосфере Венеры при длительном периоде спуска на парашюте, когда температура атмосферы поднималась до 320°C.

Соединенные Штаты ограничились двумя успешными запусками космических аппаратов в сторону Венеры и сконцентрировали внимание на запусках космических аппаратов в сторону Марса. В прошедшем десятилетии было запущено семь аппаратов «Маринер» в сторону Марса, из которых наиболее успешным был полет космических аппаратов «Маринер-4» и

«Маринер-9», выведенного на орбиту вокруг Марса в ноябре 1971 г. Советским Союзом в сторону Марса было запущено три космических аппарата: «Марс-1» (ноябрь 1962 г.), «Марс-2» и «Марс-3», запущенные в мае 1971 г. В конце ноября — начале декабря 1971 г. межпланетные станции «Марс-2» и «Марс-3» в результате сложных маневров стали искусственными спутниками Марса, открыв принципиально новые возможности исследования планеты и ее атмосферы.

Предполагается, что первые пилотируемые полеты на Марс будут совершены в начале 80-х годов. Если, например, космический корабль стартует на Марс в ноябре 1981 г., то при продолжительности экспедиции 340 суток космический корабль сможет возвратиться на Землю в конце 1982 г. Этим полетам будет предшествовать создание атомного двигателя и отработка всех систем на околоземной орбитальной станции.

В зарубежной печати опубликованы планы и по исследованию других планет Солнечной системы. В частности, запуск первого автоматического космического аппарата к Юпитеру намечается США на 1972 г. Продолжительность полета космического аппарата до Юпитера составляет 600—900 суток, причем в течение 6—12 месяцев космический аппарат будет проходить пояс астероидов. Предполагается, что аппарат будет в течение недели находиться в районе планеты на расстоянии приблизительно 180 тыс. км. В 1973 г. предполагается запустить к планете Меркурий аппарат типа «Маринер», который пройдет от Меркурия на расстоянии 950 км. Научная аппаратура будет включать 2 телекамеры, плазменный анализатор ионов и электронов, магнитометр, прибор для измерения теплового излучения планеты и др.

Уже сегодня просматривается ряд специфических технических проблем, связанных с созданием и эксплуатацией беспилотных космических аппаратов, предназначенных для исследования дальнего космоса. В первую очередь — это проблема эффективного управления полетами с учетом усложнения исследований. В США, например, к созданию специализированного командно-измерительного комплекса для автоматических аппаратов, исследующих дальний космос, приступили в 1960 г. По состоянию работ на начало 1970 г. вся система включала в себя сеть станций слежения (американская, евро-африканская и австралийская группы) и центр управления в г. Пасадена (Калифорния), в задачи которого входит контроль работы бортовых систем аппаратов, определение параметров траекторий полета, расчет маневров, контроль их выполнения, прием информации, управление работой бортовых научных приборов. Центр управления, или иначе — пост управления, представляет собой довольно сложную систему: 18 пультов для операторов, табло, разделенное на секции по числу контролируемых аппаратов, трехмерные индикаторы

траектории полета аппаратов, вычислительные машины для предварительной и полной обработки данных и другое оборудование.

Из чисто технических проблем, имеющих комплексный характер, специалисты выделяют прежде всего проблему посадки на поверхность планеты. С этой точки зрения принципиальное значение имеют результаты, полученные в процессе экспериментов со спускаемым аппаратом «Марса-3», который 2 декабря 1971 г., используя аэродинамическое торможение в атмосфере Марса, совершил мягкую посадку на поверхность этой планеты.

Каждый космический аппарат, запущенный с Земли, несет большое количество микроорганизмов, если он не был специально подвергнут стерилизации. Занесение микроорганизмов на другие планеты, особенно на те, где возможны свои формы жизни, крайне нежелательно, поскольку это может исказить картину жизни на планете, а также вызвать весьма опасные последствия.

Необходимость стерилизации ставит ряд технических проблем. Известно, например, что полеты американских космических аппаратов «Рейнджер III», «Рейнджер IV» и «Рейнджер V», подвергнутых термической стерилизации (выдержка в течение 24 ч при температуре 125°C) были аварийными. Одной из причин этого считается повреждение бортового оборудования при стерилизации.

Стерилизовать предполагается только посадочные блоки. Очень важно предотвратить попадание на планету нестерилизованных элементов ракетно-космического комплекса (последней ступени ракеты-носителя, орбитального блока, кожуха и др.). Вероятность падения подобных элементов на поверхность планеты не должна превышать $3 \cdot 10^{-5}$. Это ограничение установлено международной организацией КОСПАР.

Проблемой является также создание и испытания специфического оборудования для космических аппаратов дальнего следования — оборудования для поисков жизни, фототелевизионного, радиолокационного, радиотехнического, энергетического управления и т. д.

О проблемах пилотируемых полетов в дальний космос следует сказать следующее. Известно, что одному человеку требуется в год примерно 770 кг воды, 320 кг кислорода, 300 кг органического вещества. Поскольку в экипаж космического корабля будет входить по крайней мере несколько человек, необходимые продовольственные и кислородные запасы станут неподъемными. Нужно, следовательно, создать системы жизнеобеспечения с замкнутым экологическим циклом. Решению этой проблемы подчинены усилия ученых и инженеров во многих странах.

Заключение

В брошюре рассмотрены лишь некоторые стороны проблемы «человек и техника в освоении космоса». Уже сегодня можно видеть по крайней мере три отличных одна от другой формы взаимодействия человека и техники в процессе освоения ближнего космоса.

Это, во-первых, многообразная деятельность человека, связанная с созданием и эксплуатацией узкоспециализированных беспилотных космических аппаратов, запускаемых в ближний космос и на Луну.

Во-вторых, создание, совершенствование и эксплуатация пилотируемых космических аппаратов с ограниченным по численности экипажем и относительно небольшим временем полета. Начало практическому использованию этих аппаратов было положено также в СССР в 1961 г. полетом Ю. А. Гагарина на корабле «Восток».

И, наконец, третье направление деятельности человека заключается в проектировании, изготовлении и эксплуатации в космосе больших орбитальных станций с научно-техническим персоналом на борту. Предполагается, что реализация проектов таких станций произойдет в течение одного — полутора ближайших десятилетий.

Что касается дальнего космоса, то здесь в качестве основной задачи пока остаются исследования с помощью беспилотных космических аппаратов. Успехи в решении этой задачи, а также создание орбитальных станций и ядерных двигателей создадут реальные предпосылки для пилотируемых полетов человека по крайней мере в пределах Солнечной системы.

Ясно, что реализация грандиозных планов завоевания космоса возможна лишь в условиях мира и международного сотрудничества.

Советский Союз проводит последовательную политику в деле ослабления международной напряженности. Его предложения, направленные на установление прочного мира в Европе и на всем земном шаре, встречены с удовлетворением народами и правительствами многих стран.

Мы верим, что настанет время, когда народы мира договорятся о запрещении чудовищных средств массового уничтожения, о всеобщем и полном разоружении. И тогда космос, свободный от угрозы войны, откроет человеку новые, еще не познанные тайны.

Литература

Автоматические аппараты для исследования дальнего космоса. Обзор. М., «Машиностроение», 1969.

Бубнов И. Н., Каманин Л. Н. Обитаемые космические станции. М., Воениздат, 1964.

Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М., «Наука», 1968.

Елисеев А. Человек и автоматы в космосе. — «Известия», 1970, № 135 (16445).

Космонавтика. Маленькая энциклопедия. Под ред. акад. В. П. Глушкова. М., «Советская энциклопедия», 1970.

Леонов А. А., Лебедев В. И. Восприятие пространства и времени в космосе. М., «Наука», 1968.

Новокшионов Ю. И. Ракеты в космосе. М., Воениздат, 1967.

Новокшионов Ю. И. Цель намечает человек. — «Литературная газета», 1970, № 51.

Петров Б. Н. Космические исследования и научно-технический прогресс. М., «Знание», 1971 г.

Пономарев А. Н. Пилотируемые космические корабли. М., Воениздат, 1968.

Проблемы инженерной психологии. Сб. статей. М., «Наука», 1967.

Скуридин Г. А. Космическая физика и космические аппараты. М., «Знание», 1970.

6 коп.

Индекс 70101